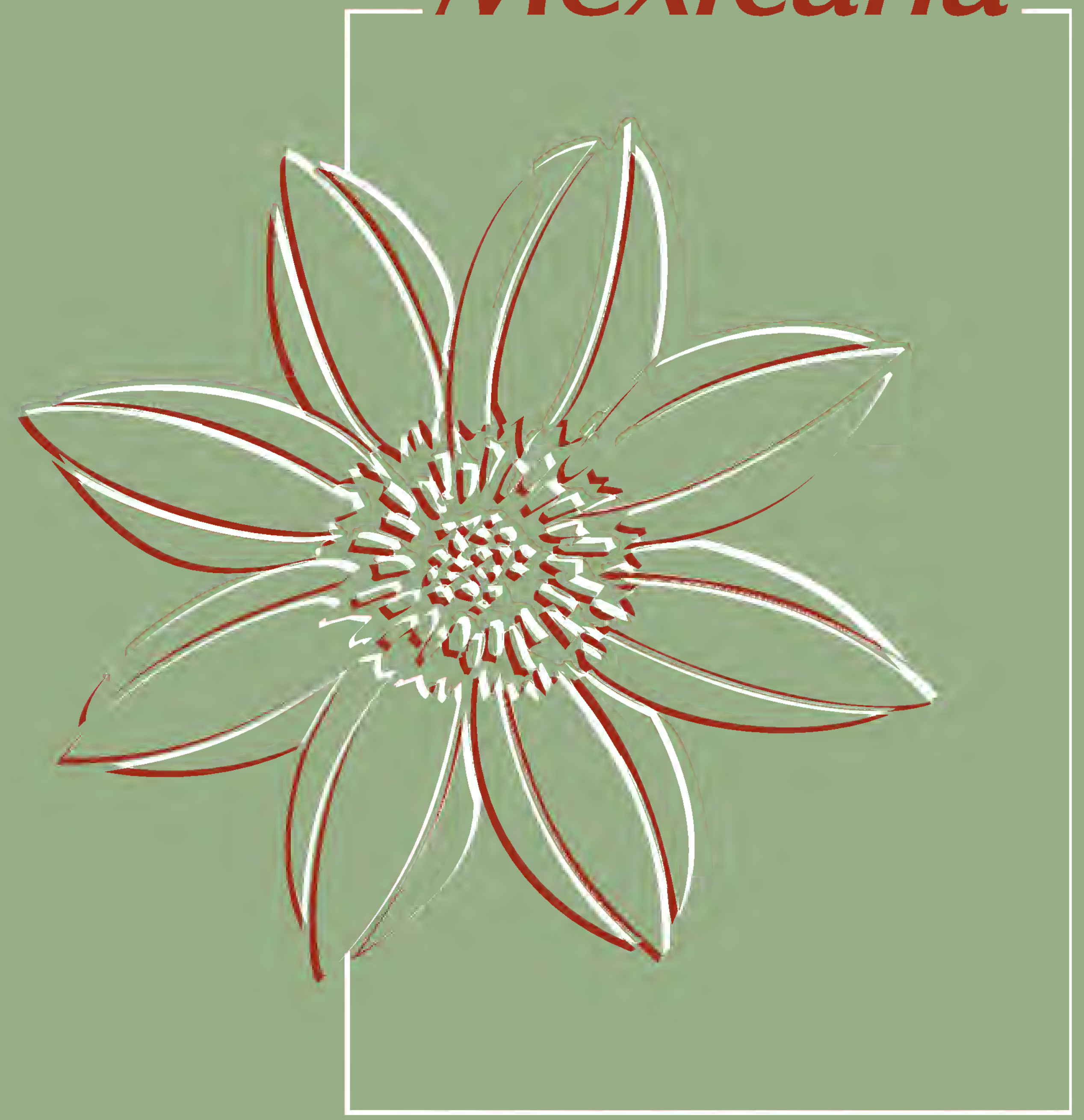
ISSN 0187-7151

Acta Botanica Mexicana



INECOL

Número 108
JULIO 2014
Pátzcuaro, Mich.



Acta Botanica Mexicana

Acta Botanica Mexicana (ISSN 0187-7151) es una publicación de Instituto de Ecología, A.C. que aparece cuatro veces al año. Da a conocer trabajos originales e inéditos sobre temas botánicos y en particular los relacionados con plantas mexicanas. Todo artículo que se presente para su publicación deberá dirigirse al Comité Editorial de Acta Botanica Mexicana. Pueden reproducirse sin autorización pequeños fragmentos de texto siempre y cuando se den los créditos correspondientes. La reproducción o traducción de artículos completos requiere el permiso de la institución que edita la revista. Las normas editoriales e instrucciones para los autores pueden consultarse en la página www1.inecol.edu.mx/abm

Acta Botanica Mexicana está actualmente incluida en los siguientes índices y bases de datos de literatura científica: Biological Abstracts, BIOSIS Previews, Dialnet, Índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica del CONACyT, Journal Citation Reports/Science Edition (con cálculo de factor de impacto), Latindex – Catálogo, RedALyC, SciELO Citation Index y Scopus.

COMITÉ EDITORIAL

CONSEJO EDITORIAL INTERNACIONAL

Acta Botanica Mexicana 108: 1-9 (2014)

RECCHIA SESSILIFLORA (SURIANACEAE ARN.), UNA ESPECIE NUEVA DE LA CUENCA DEL BALSAS EN EL ESTADO DE GUERRERO, MÉXICO

Andrés González-Murillo[1], Ramiro Cruz-Durán[2,3] y Jaime Jiménez-Ramírez[2]

[1]Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Departamento de Ecología, Delegación Coyoacán, 04510 México, D.F., México.
[2]Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología Comparada, Delegación Coyoacán, 04510 México, D.F., México.
[3]Autor para la correspondencia: ramcrudur@yahoo.com

RESUMEN

Se describe e ilustra a *Recchia sessiliflora* (Surianaceae Arn.), una especie nueva de la Cuenca del río Balsas en el estado de Guerrero, México. El nuevo taxon es afín a *Recchia connaroides* (Loes. & Soler) Standl., pero difiere de ella por tener folíolos más pequeños, que aumentan de tamaño hacia el ápice de la hoja, elípticos a suborbiculares, el raquis con alas evidentes, las inflorescencias en espiga y los pétalos oblanceolados con el ápice irregularmente emarginado. Esta especie se conoce hasta ahora solo de la localidad tipo, creciendo en bosque tropical caducifolio. Se presenta una comparación de las características de las especies afines, un mapa de distribución y una clave dicotómica para el reconocimiento de las especies conocidas del género *Recchia* Moc. & Sessé ex DC.

Palabras clave: Cuenca del río Balsas, Guerrero, México, *Recchia*, Simaroubaceae, Surianaceae.

ABSTRACT

A new species from the Balsas Depression in the state of Guerrero, Mexico, *Recchia sessiliflora* (Surianaceae Arn.), is described and illustrated. This new species is similar to *Recchia connaroides* (Loes. & Soler) Standl., differing from the latter in having smaller, elliptic to suborbicular leaflets which increase in size towards the apex of the leaf, a rachis which is clearly winged, a spicate inflorescence and flowers with oblanceolate and irregularly

emarginate petals. This species is currently only known from its type locality in tropical dry forest. A comparative table with distinctive characteristics of similar species, a distribution map, and a dichotomous key to distinguish among the known species for the genus *Recchia* Moc. & Sessé ex DC. are also provided.

Key words: Balsas Depression, Guerrero, Mexico, *Recchia*, Simaroubaceae, Surianaceae.

Durante las exploraciones botánicas efectuadas para conocer la diversidad de la flora arbórea del estado de Guerrero se recolectaron en el bosque tropical caducifolio del municipio de Cocula, algunos ejemplares botánicos con hojas compuestas, con folíolos alternos, el raquis evidentemente alado y dispuesto en zig-zag, flores actinomorfas, cáliz y corola pentámeros, sépalos y pétalos libres, estambres libres y obdiplostémonos (10), gineceo apocárpico, bicarpelar, los carpelos situados sobre ginóforos cortos, cada carpelo con dos óvulos, estilodios unidos cerca de la base de los carpelos y fruto drupáceo; lo que permitió identificar a dichas muestras como pertenecientes al género *Recchia* Moc. & Sessé ex DC. (Surianaceae), de acuerdo con el criterio de Schneider (2007).

El género *Recchia* tradicionalmente se había ubicado en la familia Simaroubaceae, aunque Wendt y Lott (1985) y Thomas (1990) señalaron que debido a las características florales (principalmente por la apocarpía, estilodios basifijos y carpelos biovulados), el género debía colocarse en Surianaceae. No es sino hasta la realización del estudio de la filogenia molecular de Crayn et al. (1995) que se sitúa incuestionablemente dentro Surianaceae, bajo la circunscripción de Cronquist (1981). Asimismo, Crayn et al. (1995) propusieron como grupo hermano al género australiano *Cadellia* F. Muell. por compartir caracteres morfológicos como el gineceo apocárpico, los carpelos biovulados, la placentación marginal-basal, los estilos ventrobasales y el fruto con pericarpio de tres capas. La familia Surianaceae se incluye en el orden Fabales del clado Eurrósidas (Stevens, 2001 y en adelante; Kubitzki, 2007).

Recchia contaba con tres especies reconocidas y era un género considerado completamente restringido a México (Villaseñor, 2004; Schneider, 2007; Rzedowski y Calderón, 2013), hasta que recientemente una de ellas fue colectada en Centroamérica. La distribución de *R. mexicana* Moc. & Sessé y *R. connaroides* (Loes. & Soler) Standl. está restringida al bosque tropical caducifolio de la vertiente del Pacífico, desde Jalisco hasta Oaxaca. En tanto que *R. simplicifolia* Wendt & Lott se distribuye en el bosque tropical perennifolio, en los estados de Chiapas, Oaxaca,

Tabasco y Veracruz (región de Uxpanapa) y recientemente se han colectado algunos especímenes en Puntarenas, Costa Rica (*Aguilar y Hammel 610*; CR, MO y *Herrera 4291*; CR, MO; Tropicos.org, 2013) (Fig. 2).

Los cinco géneros de la familia Surianaceae forman dos clados, uno constituido por *Recchia* y *Cadellia* (endémico a Australia), y otro por el género monoespecífico pantropical *Suriana* L. y los australianos *Guilfoylia* F. Muell. y *Stylobasium* Desf. (Crayn et al., 1995). Los dos géneros presentes en México (*Recchia* y *Suriana*) tienen distribuciones disyuntas con respecto a sus grupos hermanos y también dentro del país. A pesar de que las diásporas de *Suriana maritima* L. se dispersan por medio de corrientes marinas (Nooteboom (1962) citado por Schneider, 2007), solo se conoce del occidente del Océano Atlántico (Gutiérrez, 2011), el este de África, así como en las islas tropicales del Pacífico (incluida Australia), donde crece en las playas y áreas costeras.

De acuerdo con la filogenia molecular de Thompson et al. (2001), la tribu Brongniartieae Hutch (Fabaceae) tiene una distribución similar a la observada en la familia Surianaceae. En este grupo, los géneros *Brongniartia* Kunth y *Harpalyce* Sessé et Moc. se distribuyen principalmente en México y parte de Sudamérica; no obstante, los taxones del grupo hermano de *Brongniartia* se encuentran en Australia (*Hovea* R. Br., *Templetonia* R. Br., *Lamprolobium* Benth., *Plagiocarpus* Benth.). Estos ejemplos muestran evidencias de que la relación biogeográfica entre la flora de México y Australia, hasta ahora poco documentada, pueda ocurrir en otros grupos de plantas, revelando un patrón biogeográfico bien definido.

La especie que a continuación se describe tiene una reducción de la inflorescencia, pasando de la panícula característica del género (Schneider, 2007) a una espiga.

Recchia sessiliflora González-Murillo & Cruz Durán, **sp. nov**.

R. connaroidi (Loes. et Soler) Standl. affinis sed folioliis ellipticis vel suborbicularibus, brevioribus, rhachidi alata, inflorescentiis spicatis, floribus sessilibus, petalis oblanceolatis et emarginatis apice.

Árboles de 6-10 m de alto, caducifolios; tronco tortuoso de corteza rojiza; ramas jóvenes teretes, creciendo en zig-zag, con pubescencia blanca velutina, glabrescentes con la edad. Hojas alternas, compuestas, imparipinnadas, de (5.8-)9.2-12.8(-14.5) cm de largo, folíolos alternos; estípulas de menos de 1 mm de largo, brevemente lanceoladas, con margen eroso; pecíolo de (0.5-)1.1-1.3 mm de largo,

particularmente velutino en la superficie abaxial; raquis conspicuamente alado, creciendo en zig-zag a cada lado del raquis; ala del raquis de 3.5-4 mm de ancho, pilosa; folíolos (5-)7(excepcionalmente 9), incrementando en tamaño hacia el ápice de la hoja, de (2.3-)2.7-6.1(-6.8)×(1.6-)2-3.4 cm, elípticos, raramente suborbiculares, base y ápice obtusos, el haz y envés blanco velutinos, particularmente en las venas de segundo, tercero y cuarto grado, el margen entero, ligeramente revoluto. Inflorescencias de 5.5-8 cm de largo, dispuestas en espigas; brácteas y bractéolas de ca. 1 mm de largo, cimbiformes, margen eroso. Flores actinomórficas, aromáticas; sépalos 5, de 3 × 2 mm, elípticos, cara externa glandular rojiza hacia el ápice; pétalos 5, de 9-10 × 3 mm, de color amarillo-crema, oblanceolados, glabros, la base cuneada, el ápice irregularmente emarginado; estambres 10, heteromorfos, 5 largos y 5 cortos, los cortos de 3 mm de largo, los largos de 4 mm de largo; gineceo apocárpico, carpelos 2, uno abortivo, de 3 mm de largo, cada uno con dos óvulos colaterales, generalmente uno abortivo. Fruto pseudodrupa esférica, de 1.5 cm de diámetro, sésil o con pedicelo de menos de 1 mm de largo, exocarpio papiráceo de color rojo, mesocarpio delgado, negro, endocarpio lignificado, rojizo. Semilla 1 × 1.2 mm, subesférica; testa esponjosa.

Tipo: MÉXICO. Guerrero, municipio Cocula, Ejido La Fundición, cerro El Limón, ladera norte, bosque tropical caducifolio, 18.000855° N, 99.729310° O, 1131 m, 12 marzo 2013 (flor), *A. González-Murillo 667* (holotipo: FCME; isotipo: IEB). Fig. 1.

Distribución y ecología. Por el momento solo se ha localizado en el estado de Guerrero dentro de la cuenca del río Balsas, se distribuye entre los 1000 y 1200 m s.n.m., en el bosque tropical caducifolio, en pendientes fuertes con suelos someros de origen calizo. Se le encuentra asociada a *Bursera aptera* Ramírez, *Cedrela salvadorensis* Standl., *Senna wislizeni* (A. Gray) H. S. Irwin & Barneby, *Pseudosmodingium perniciosum* (Kunth) Engl. y *Beaucarnea hiriartae* L. Hern. Las flores son visitadas por abejas.

Fenología. Florece y fructifica en marzo cuando ha perdido las hojas o se presentan las primeras hojas jóvenes.

Nombres comunes. Querengoro, sasanaco.

Etimología. El epíteto específico hace alusión al hecho de que las flores son sésiles.

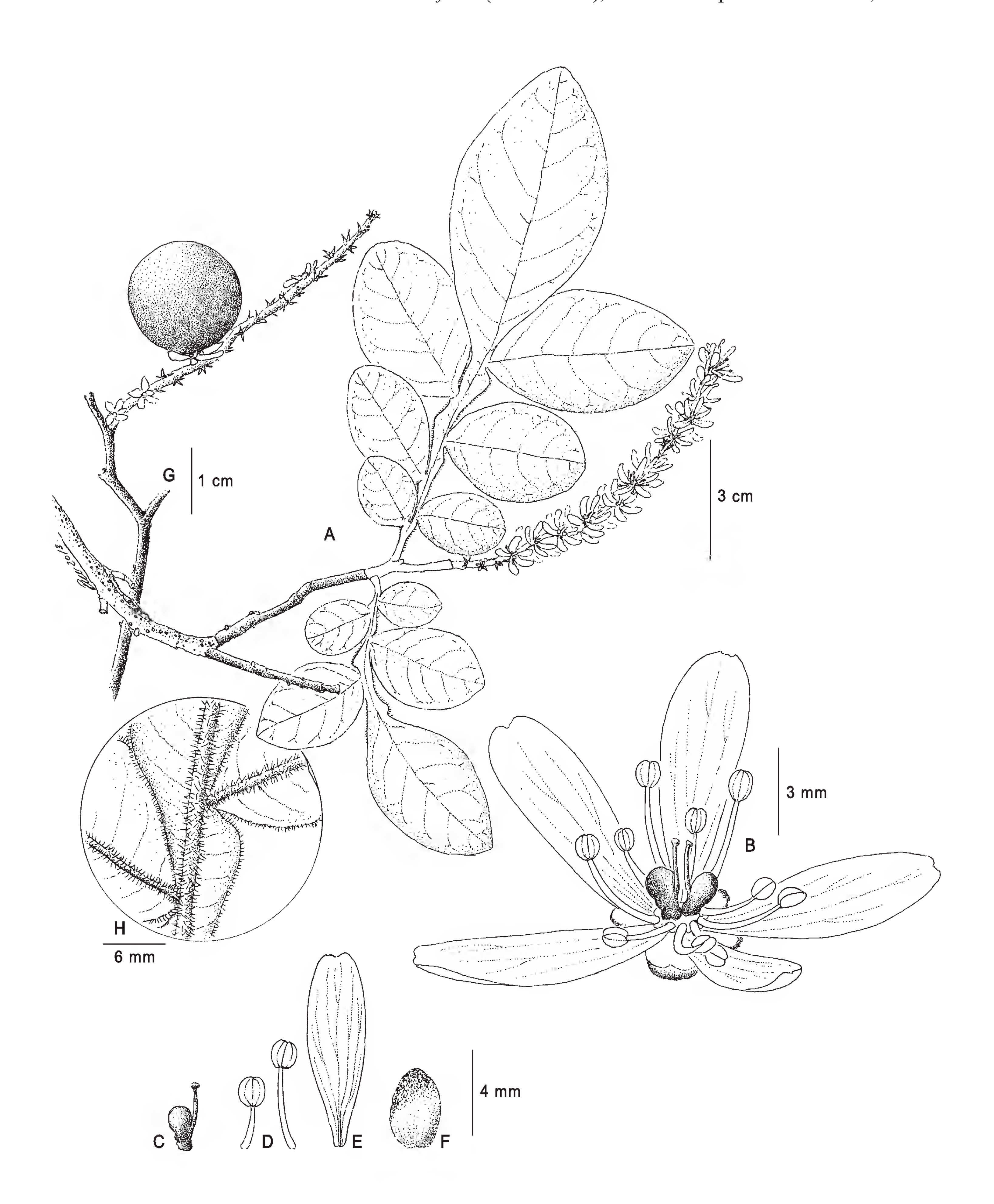


Fig. 1. *Recchia sessiliflora* González-Murillo & Cruz Durán. A. rama con hojas e inflorescencia; B. flor completa; C. carpelo; D. estambres; E. pétalo; F. sépalo; G. fruto; H. pubescencia del envés de la hoja. (A-F dibujado de *A. González-Murillo 667,* FCME; G de *C. Sanginés s.n.,* FCME; H. de *A. González-Murillo 550*, FCME). Ilustración de Ramiro Cruz Durán.

Ejemplares adicionales examinados. MÉXICO. Guerrero, municipio Cocula, Ejido La Fundición, cerro El Limón, ladera norte, bosque tropical caducifolio, UTM Q14, 422206X, 1990953Y, 1131 m, 12 marzo 2013 (fruto), *C. Sanginés F. s.n.* (FCME); Fundición, cerro El Limón, ladera norte, bosque tropical caducifolio, UTM Q14, 422951 X, 1990609 Y, 1042 m, 23 octubre 2013 (estéril), *A. González-Murillo 550* (FCME, IEB).

La identidad de *Recchia sessiliflora* como una especie nueva está respaldada no solo por las características morfológicas distintas a los de otros componentes de *Recchia* (Cuadro 1), sino por su aislamiento geográfico de ellos. La distribución del género está circunscripta en términos generales a México (Fig. 2) y específicamente al bosque tropical caducifolio, donde se encuentran dos de las tres especies reconocidas. Es posible relacionar a *R. connaroides* y *R. mexicana*, ya que ocupan las áreas bajas cercanas a la costa del Océano Pacífico, generalmente entre los 100 y los 500

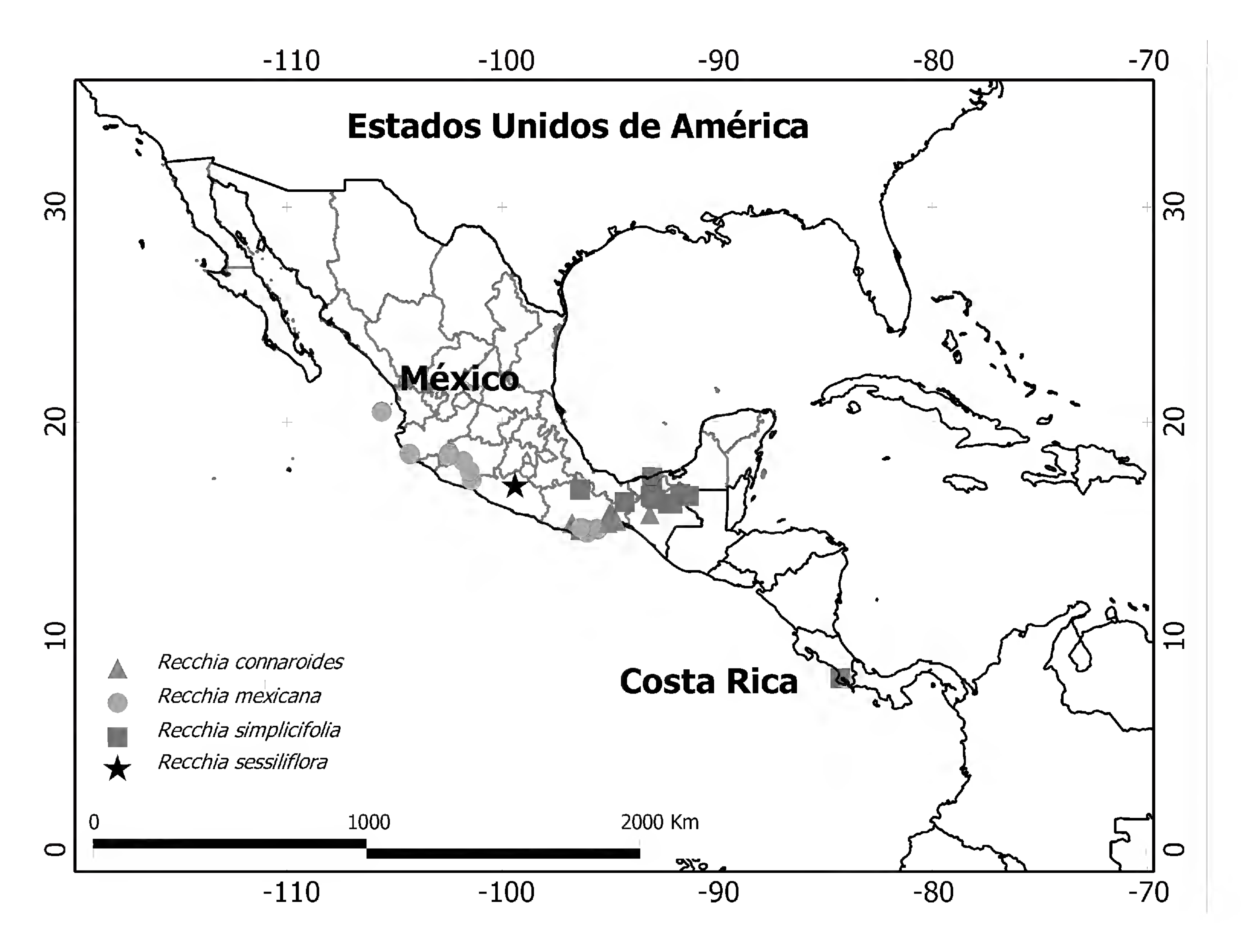


Fig. 2. Distribución conocida del género *Recchia*.

Cuadro 1. Comparación entre *Recchia connaroides* y *R. sessiliflora*.

	R. connaroides	*R. sessiliflora*
Hojas (tamaño cm)	9.5-18(-21)	(5.8-)9.2-12.8(-14.5)
Pecíolos (tamaño cm)	1.5-2	(0.5-)1.1-1.3
Raquis (alas, tamaño mm)	3 o menos	hasta 4
Folíolos (forma, tamaño cm)	elíptico-ovados a oblongos, 3.5-9.5(-10.5) x 1.8-4(-4.5)	elípticos, raramente orbiculares, (2.3-)2.7-6.1 (-6.8) x (1.6-)2-3.4
Folíolos, pubescencia	subglabros, solo con escasos pelos en las venas principales	haz y envés velutinos, pubescencia más densa en las venas de segundo, tercero y cuarto grado del envés
Inflorescencia (forma, tamaño cm)	racemosa, 7-11.5(-15)	espiga, 5.5-8
Flor, pedicelo (tamaño mm)	1.5-2.5	sésil
Fruto, pedicelo	acrescente, 2-4.5 mm	sésil u ocasionalmente hasta 1 mm
Pétalos (forma, tamaño mm)	ampliamente espatulados, (6.5-)9.5-13x2.8-5	oblanceolados, 9-10x3
Pétalos, ápice	obtuso	irregularmente emarginado
Pétalos, base	unguiculada, uña hasta 3 mm	cuneada
Altitud (m)	30-450(-1450)	1000-1200
Distribución	vertiente del Pacífico, Oaxaca y Chiapas	Cuenca del Balsas, Guerrero

m s.n.m. (excepcionalmente a los 1450 m), mientras que *R. simplicifolia* crece en los bosques tropicales perennifolios. Por otro lado, *R. sessiliflora* se ha encontrado entre los 1000 y los 1200 m s.n.m. en la Cuenca del Balsas, un área ampliamente reconocida por tener un gran número de endemismos (Rodríguez-Jiménez et al., 2005; Rzedowski et al., 2005), principalmente del género *Bursera* (Burseraceae) y *Thompsonella* (Crassulaceae).

Clave para las especies conocidas del género *Recchia* Sessé & Moc. ex DC.

1 Hojas simples; distribución en bosque tropical perennifolio, en México (Veracruz, norte de Oaxaca y Chiapas, y sur de Tabasco) y Costa Rica .... *R. simplicifolia*

1 Hojas compuestas; distribución en bosque tropical caducifolio, en México (Nayarit a Oaxaca).

2 Alas del raquis de 3 mm de ancho o menos; inflorescencias compuestas (racemosas); flores pediceladas; frutos con pedicelos acrescentes; vertiente del Pacífico.

3 Folíolos subglabros, solo con escasos pelos en las venas principales; raquis con ala inconspicua de menos de 1 mm de ancho .... *R. mexicana*

3 Folíolos pubescentes, con el haz y envés velutinos, pubescencia más densa en las venas del envés; raquis con ala conspicua de 1-3 mm de ancho .... *R. connaroides*

2 Alas del raquis de 4 mm de ancho; inflorescencias en espiga; flores sésiles; frutos sésiles, en ocasiones con pedicelo de menos de 1 mm; cuenca del río Balsas en Guerrero .... *R. sessiliflora*

AGRADECIMIENTOS

A Martha Martínez por la diagnosis en latín; a José Antonio Hernández, Laboratorio de Microcine, Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, por la digitalización de la ilustración de la especie; a la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la Universidad Nacional Autónoma de México por la ayuda económica a través del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT IN214112).

LITERATURA CITADA

Crayn, D. R., E. S. Fernando, P. A. Gadek y C. J. Quinn. 1995. A reassessment of the familial affinity of the Mexican genus *Recchia* Moc. et Sessé ex DC. Brittonia 47(4): 397-402.

Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press. Nueva York, USA. pp. 583-585.

Gutiérrez, B. C. 2011. La familia Surianaceae en México. For. Ver. 13(2):1-6.

Kubitzki, K. 2007. Introduction to Fabales. In: Kubitzki, K. (ed.). The families and genera of vascular plants. Vol. 9. Springer-Verlag. Heildelberg, Alemania. p.5.

Rodríguez-Jiménez, C., R. Fernández-Nava, M. L. Arreguín-Sánchez y A. Rodríguez-Jiménez. 2005. Plantas vasculares endémicas de la cuenca del río Balsas, México. Polibotánica 20:73-99.

Rzedowski, J. y G. Calderón. 2013. Datos para la apreciación de la flora fanerogámica del bosque tropical caducifolio de México. Acta Bot. Mex. 102: 1-123.

Rzedowski, J., R. Medina-Lemos y G. Calderón de Rzedowski. 2005. Inventario del conocimiento taxonómico, así como de la diversidad y del endemismo regionales de las especies mexicanas de *Bursera* (Burseraceae). Acta Bot. Mex. 70: 85-111.

Schneider, J. V. 2007. Surianaceae. In: Kubitzki, K. (ed.). The families and genera of vascular plants. Vol 9. Springer-Verlag. Heidelberg, Berlin, Alemania. pp. 449-455.

Stevens, P. F. 2001 (y en adelante). Angiosperm Phylogeny Website. Versión 12, julio 2012, http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/

Thomas, W. W. 1990. The American genera of Simaroubaceae and their distribution. Acta Bot. Bras. 4(1): 11-18.

Thompson, I. A., Ladiges, P. L. y J. H. Ross. 2001. Phylogenetic studies of the tribe Brongniartieae (Fabaceae) using nuclear DNA (ITS-1) and morphological data. Syst. Bot. 26(3): 557-570.

Tropicos.org. 2013. Missouri Botanical Garden. Consultado el 22 julio de 2013, http://www.tropicos.org/Name/29400177

Villaseñor, J. L. 2004. Los géneros de las plantas vasculares de la flora de México. Bol. Soc. Bot. Méx. 75: 105-135.

Wendt, T. y E. J. Lott. 1985. A new simple-leaved species of *Recchia* (Simaroubaceae) from southeastern México. Brittonia 37(2): 219-225.

Recibido en septiembre de 2013.

Aceptado en febrero de 2014.



Acta Botanica Mexicana 108: 11-38 (2014)

LAS PLANTAS VASCULARES Y VEGETACIÓN DE LA BARRANCA TEPECAPA EN EL MUNICIPIO DE TLAYACAPAN, MORELOS, MÉXICO

Rodrigo Alejandro Hernández-Cárdenas[1,2], Rosa Cerros-Tlatilpa[1]
y Alejandro Flores-Morales[1]

[1]Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Laboratorio de Sistemática y Morfología, Facultad de Ciencias Biológicas, Avenida Universidad 1001, Colonia Chamilpa, 62209 Cuernavaca, Morelos, México.
[2]Autor para la correspondencia: ralejandrohc@gmail.com

RESUMEN

El área de estudio, la Barranca Tepecapa de aproximadamente 3.5 km de longitud, se ubica dentro de la zona núcleo “Las Mariposas” en el Corredor Biológico Chichinautzin del estado de Morelos. Se realizaron colectas periódicas durante un año y medio, de octubre 2009 a abril 2011. Se colectaron 1018 ejemplares de Pteridofitas y afines, Gimnospermas y Angiospermas, pertenecientes a 99 familias, 266 géneros y 434 especies. Las familias mejor representadas son: Asteraceae, Fabaceae, Poaceae, Orchidaceae, Pteridaceae, Solanaceae y Bromeliaceae. Asimismo, se registran y describen tres tipos de vegetación para el área de estudio. Dos géneros (*Amyris* y *Dasylirion*) y 16 especies son nuevos registros para el estado de Morelos.

Palabras clave: área natural protegida, bosque mesófilo de montaña, Chichinautzin, listado florístico, Morelos, nuevos registros.

ABSTRACT

The study area, the Tepecapa gully with an approximate length of 3.5 km, is situated in the core zone of “Las Mariposas” in the Biological Corridor Chichinautzin in the state of Morelos. Periodic collections were made over a year and a half, from October 2009 to April 2011. We collected 1018 specimens of Pteridophytes and relatives, Gymnosperms, and Angiosperms, belonging to 99 families, 266 genera and 434 species. The families Asteraceae, Fabaceae, Poaceae, Orchidaceae, Pteridaceae, Solanaceae and Bromeliaceae are the best represented ones. Three types of vegetation are reported and described for the

study area. Two genera (*Amyris* and *Dasylirion*) and 16 species are new records for the state of Morelos.

Key words: Chichinautzin, floristic list, montane rain forest, Morelos, new records, protected natural area.

INTRODUCCIÓN

El estado de Morelos posee diversas áreas naturales protegidas, una de ellas es el Corredor Biológico Chichinautzin (COBIO). El COBIO tiene una extensión de 65 901 ha y presenta tres zonas núcleo: Chalchihuites, Chichinautzin-Quiahustepec y Las Mariposas (Anónimo, 1988); en esta última se encuentra el área de estudio.

Entre las contribuciones al conocimiento de las plantas vasculares del COBIO se pueden citar los estudios florísticos y de vegetación de Hernández (1945), Ramírez-Cantú (1949), Bonilla-Barbosa y Viana (1997), Cerros-Tlatilpa y Espejo-Serna (1998), Vega et al. (2008), Pulido-Esparza et al. (2009), Flores-Castorena y Martínez-Alvarado (2011). En este último se reportaron 1265 especies de plantas vasculares para el COBIO.

Los estudios florísticos son importantes porque permiten conocer la diversidad de una región determinada, principalmente en lugares de difícil acceso o poco explorados. Por ejemplo, las barrancas de la zona núcleo de “Las Mariposas” son refugio de diversidad biológica y no han sido estudiadas. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue elaborar el listado florístico de las plantas vasculares y describir la vegetación que crece en el área de estudio.

Área de estudio

En las regiones aledañas a la zona núcleo “Las Mariposas” se encuentran varias barrancas, entre éstas destaca por su tamaño la de Tepecapa, con aproximadamente 3.5 kilómetros de largo. El área de estudio se ubica entre las coordenadas 18°58'11.7"-18°56'57.28" N y 99°00'30.0"-99°00'21.21" O, en el municipio de Tlayacapan (Fig. 1), dentro de la Cuenca del río Balsas, en la vertiente sur del Eje Volcánico Transversal, con un intervalo altitudinal que va de los 1400 a los 2100 m.

Basado en datos de la estación agrometereológica de Tlayacapan, en la barranca convergen dos tipos de clima; 1) por arriba de los 1600 m el clima es semicálido, con temperatura media anual menor de 22 °C y la precipitación anual menor de

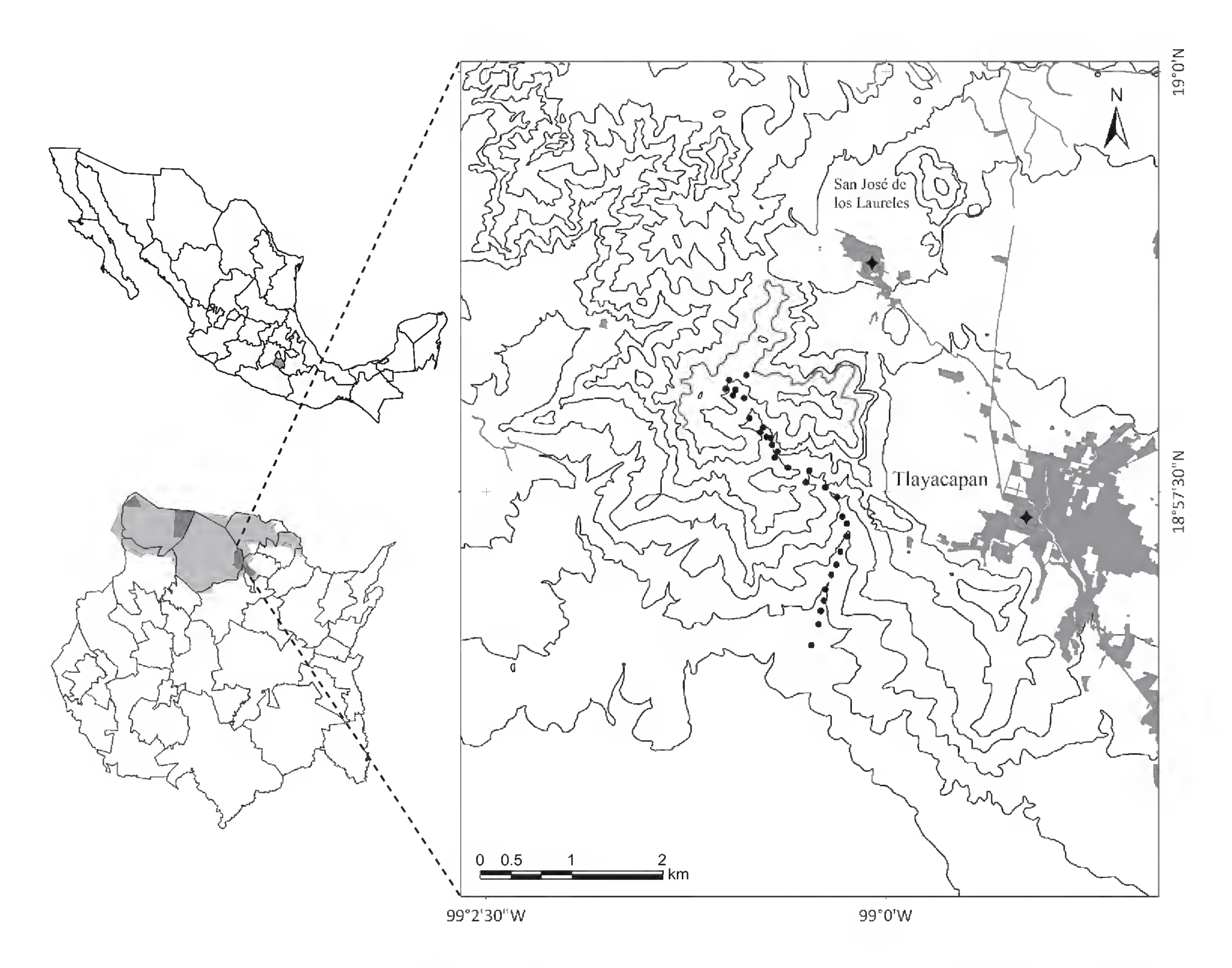


Fig. 1. Mapa del área de estudio de la Barranca Tepecapa, Tlayacapan, Morelos (los círculos negros señalan la ubicación de la barranca) proporcionado por el Laboratorio Interdisciplinario de Sistemas de Información Geográfica de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

1000 mm, 2) por debajo de los 1600 m es cálido, con temperatura mayor de 22 ºC y la precipitación anual de 800 a 1000 mm.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la elaboración del presente trabajo se realizaron de una a dos salidas al campo mensuales durante un año y medio (de octubre 2009 a abril 2011) y se colectaron 1018 ejemplares. La recolección y herborización de Pteridofitas, Gimnospermas y Angiospermas se siguió de acuerdo con Lot y Chiang (1986). La identificación de los ejemplares se llevó a cabo mediante el uso de claves y se cotejaron con los ejemplares de herbario (MEXU y UAMIZ). En casos especiales se contó

con el apoyo de especialistas de las familias Bromeliaceae, Fabaceae, Fagaceae, Orchidaceae y Rutaceae. Para las Pteridofitas se siguió la clasificación de Mickel y Smith (2004) y para las plantas con flores la clasificación de Angiosperm Phylogeny Group III (2009). Para la caracterización de la vegetación se siguió a Rzedowski (2006) y León y Paniagua et al. (2010). Los ejemplares fueron depositados en los herbarios HUMO y UAMIZ.

RESULTADOS

Inventario florístico

Se identificaron 434 especies correspondientes a 266 géneros y 99 familias (Apéndice 1). En el Cuadro 1 se muestra el número de Pteridofitas y afines, Gimnospermas y Angiospermas (magnolides, monocotiledóneas y eudicotiledóneas). Las familias con el mayor número de géneros y especies respectivamente son (Cuadro 2): Asteraceae (32, 50), Fabaceae (23, 38), Poaceae (18, 27), Orchidaceae (14, 21) y Pteridaceae (7, 15). Los géneros con mayor número de especies son: *Muhlenbergia* (8), *Tillandsia* (8), *Selaginella* (8), *Ipomoea* (7), *Cheilanthes* (6), *Desmodium* (6), *Salvia* (6), *Sedum* (5), *Dioscorea* (5), *Euphorbia* (5), *Quercus* (5) y *Oxalis* (5).

Es importante destacar que a partir de este estudio los géneros *Amyris* y *Dasylirion* se registran por primera vez para el estado junto con 16 nuevos registros: *Asplenium sessilifolium* (Aspleniaceae), *Gnaphalium canescens* (Asteraceae), *Tillandsia supermexicana* (Bromeliaceae), *Clitoria mexicana* y *C. polystachya* (Fabaceae), *Dasylirion* sp. (Nolinaceae), *Randia obcordata* (Rubiaceae), *Amyris balsamifera* y

Cuadro 1. Diversidad de familias, géneros y especies de la Barranca Tepecapa del municipio de Tlayacapan, Morelos.

	Familias	Géneros	Especies
Pteridofitas y afines	10	21	43
Gimnospermas	1	1	1
Angiospermas			
Magnolides	2	3	6
Monocotiledóneas	16	58	95
Eudicotiledóneas	70	183	289
TOTAL	99	266	434

Cuadro 2. Familias mejor representadas en la Barranca Tepecapa del municipio de Tlayacapan, Morelos.

Familia	Núm. de géneros	Núm. de especies
Asteraceae	32	50
Fabaceae	23	38
Poaceae	18	27
Orchidaceae	14	21
Pteridaceae	7	15
Solanaceae	6	14
Bromeliaceae	4	12
Convolvulaceae	3	11
Rubiaceae	6	10
Acanthaceae	7	8
Commelinaceae	4	8
Onagraceae	4	8
Selaginellaceae	1	8
Apocynaceae	6	7
Crassulaceae	2	7
Lamiaceae	2	7

A. rekoi (Rutaceae), *Sideroxylon cartilagineum* (Sapotaceae), *Brachistus stramoniifolius*, *Lycianthes peduncularis, L. pilosissima* (Solanaceae), *Selaginella hoffmannii* y *S. basipilosa* (Selaginellaceae) y *Phoradendron decipiens* (Santalaceae).

La flora vascular del área de estudio está representada principalmente por cinco formas de vida: árboles, arbustos, hierbas, epífitas y parásitas. Las especies herbáceas predominan con 295 taxa (67%), seguidas por los arbustos (61) (14 %), árboles (46) (11%), epífitas (24) (6%) y parásitas 8 (2%). Los elementos arbóreos que resaltan a lo largo de la barranca son de las familias Burseraceae, Fabaceae, Fagaceae, Garryaceae, Meliaceae, Moraceae, Oleaceae, Pinaceae, Styracaceae y Symplocaceae. En el bosque de pino-encino (BPE) hay 363 especies, abundando las herbáceas con 275 taxa, los arbustos (38), los árboles (23), las epífitas (18) y las parásitas (7). Para el bosque mesófilo de montaña (BMM) se registran 80 especies, encontrando 26 taxa de plantas herbáceas, 15 spp. de arbustos, 21 spp. de árboles y 14 spp. de epífitas. Para el bosque tropical caducifolio (BTC) se reportan 98 especies, de las cuales destacan los elementos herbáceos (38), arbustos (22), árboles (20), epífitas (7) y una especie de parásita.

Vegetación

En la barranca Tepecapa se reconocen tres tipos de vegetación: bosque mesófilo de montaña, bosque de pino-encino y bosque tropical caducifolio (Fig. 2).

Bosque mesófilo de montaña: El bosque mesófilo de montaña se desarrolla en un intervalo altitudinal de 1800 a 1950 m. Fisonómicamente es un bosque con individuos de 5 a 30 m de altura. Se localiza en regiones de relieve accidentado y principalmente en laderas con pendiente pronunciada, así como zonas protegidas del viento y de la fuerte insolación.

Las especies de árboles que se pueden distinguir son: *Ardisia compressa*, *Eugenia crenularis*, *Garrya longifolia, Guarea glabra*, *Meliosma dentata*, *Myrsine juergensenii, Fraxinus uhdei, Quercus candicans*, *Styrax ramirezii*, *Symplocos citrea*, *Ternstroemia lineata*, *Urera baccifera* y *Xylosma flexuosa*. Algunos de los arbustos característicos son: *Archibaccharis schiedeana*, *Brachistus stramoniifolius*, *Fuchsia arborescens*, *Monnina ciliolata*, *Montanoa frutescens*, *Oreopanax peltatus*

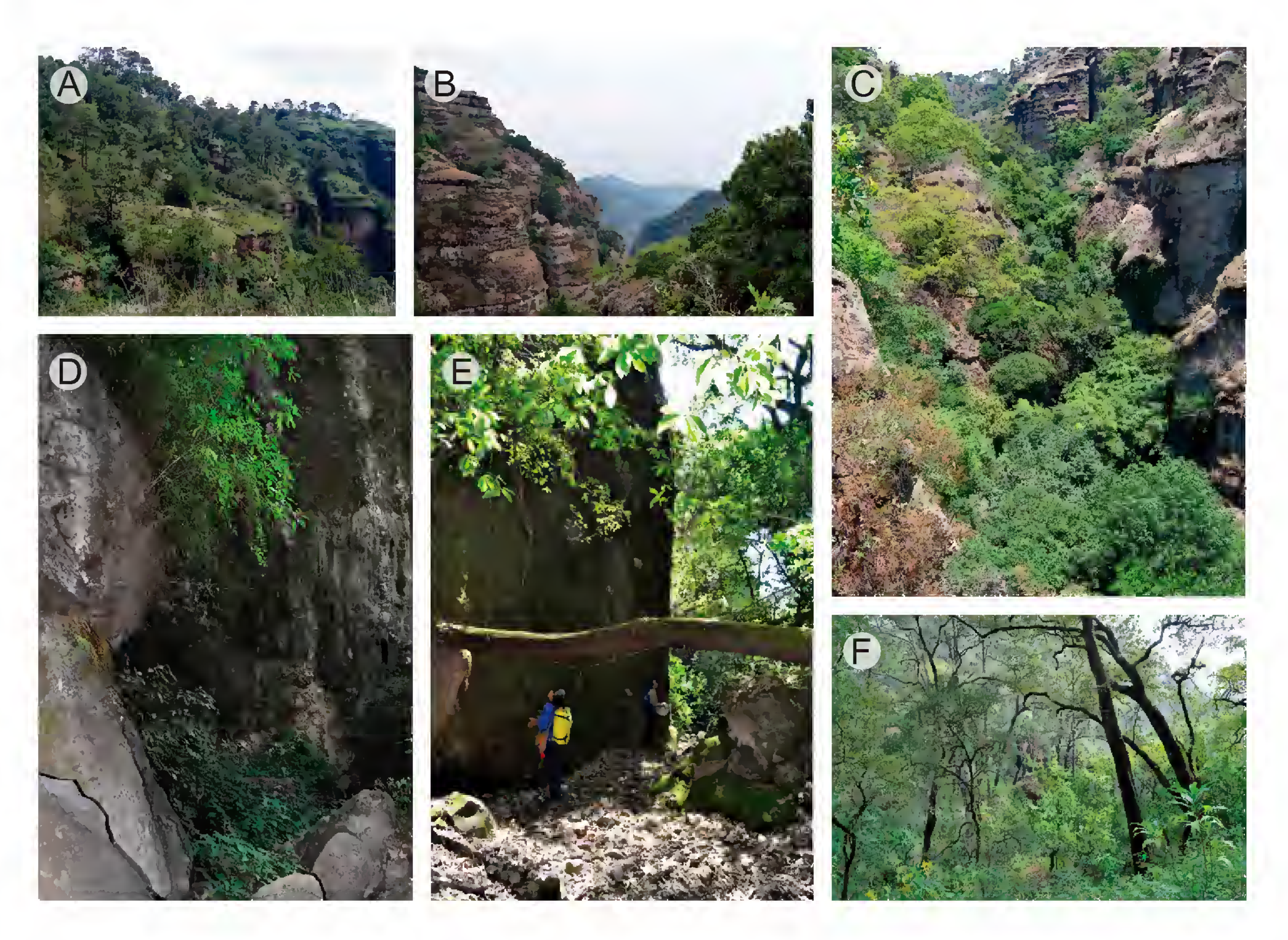


Fig. 2. A. Vista periférica al iniciar el descenso a la barranca; B. Cerro "Las Mariposas" y el inicio de la barranca; C. Parte norte de la barranca; D y E. Vista al interior de la barranca; F. Vista parcial del bosque mesófilo de montaña.

y *Piper amalago*. En el estrato herbáceo son notables: *Adiantum andicola, Arisaema macrospathum*, *Asplenium sessilifolium*, *Parietaria macrophylla*, *Periptera punicea*, *Pteris orizabae* y *Tournefortia hirsutissima*. Entre las epífitas se observan: *Campyloneurum angustifolium*, *Polypodium polypodioides*, *Tillandsia usneoides*, *Hintonella mexicana*, *Laelia autumnalis* y *Peperomia bracteata*.

Bosque de pino-encino: El bosque de pino-encino prospera en altitudes de 1750 a 2100 m. Son comunidades cuyos individuos miden de 10 a 30 m de alto. Se localiza en regiones planas o en laderas con pendientes pronunciadas. El estrato arbóreo está dominado por especies como: *Acacia acatlensis*, *Ardisia compressa*, *Arbutus xalapensis*, *Lysiloma acapulcense*, *Pinus teocote*, *Quercus castanea*, *Q. glaucoides*, *Q. obtusata*, *Q. splendens*, *Ternstroemia lineata* y *Urera caracasana*. En los componentes arbustivos destacan: *Acalypha mollis*, *Agonandra racemosa*, *Buddleia sessiliflora*, *Erythrina breviflora*, *Eysenhardtia polystachya*, *Fuchsia arborescens, Lagascea rigida* y *Roldana angulifolia*. Entre las herbáceas se distinguen: *Arisaema macrospathum*, *Aristida schiedeana*, *Arracacia pubescens, Asplenium monanthes*, *Conopholis alpina*, *Dahlia coccinea*, *Deiregyne pyramidalis*, *Echeandia longipedicellata*, *Echinopepon gemellus*, *Geranium schiedeanum*, *Lobelia laxiflora*, *Lopezia miniata*, *Oplismenus burmannii*, *Sisyrinchium tenuifolium*, *Spigelia speciosa*, *Sprekelia formosissima*, *Verbesina tetraptera* y *Zeugites smilacifolius*. Las epífitas están representadas por: *Pecluma ferruginea*, *Phlebodium areolatum*, *Peperomia bracteata*, *Pleopeltis polylepis*, *Prosthechea linkiana* y *Tillandsia supermexicana*.

Bosque tropical caducifolio: El bosque tropical caducifolio se desarrolla entre 1400 y 1750 m. La altura de los árboles oscila entre 5 y 10 m. Se localiza en regiones con poca pendiente. Algunas especies tienen tallos de color llamativo y superficie brillante, con cortezas exfoliantes y pierden sus hojas durante un periodo de 5 a 8 meses que corresponde a la época seca del año.

Dentro de las especies arbóreas se incluye a *Bursera fagaroides*, *B. glabrifolia*, *B. longipes, Ficus cotinifolia*, *F. petiolaris*, *Lysiloma acapulcense* y *Trema micrantha*. Las plantas arbustivas que sobresalen son: *Brachistus stramoniifolius*, *Carlowrightia neesiana, Euphorbia schlechtendalii*, *Malvaviscus arboreus*, *Mimosa lacerata*, *Opuntia tomentosa*, *Pittocaulon praecox, Plumeria rubra*, *Randia thurberi* y *Roldana lobata*. En el estrato herbáceo se observa a: *Aeschynomene americana*, *Aristida schiedeana*, *Aster subulatus*, *Borreria prostrata*, *Cologania broussonetii*, *Diastatea tenera*, *Evolvulus alsinoides*, *Muhlenbergia ciliata, Sporobolus trichodes* y *Tagetes lunulata*. Entre las plantas epífitas sobresalen: *Tillandsia caput-medusae*, *T. hubertiana, T. recurvata*, *T. schiedeana* y *Trichocentrum cebolleta*.

DISCUSIÓN

En el presente estudio se destaca la alta diversidad florística de la barranca Tepecapa, ya que ésta concentra 56% de las familias, 27% de los géneros y 14% de los taxa pertenecientes al grupo de las Gimnospermas (17 especies, 5 géneros y 3 familias) y Angiospermas (3138 especies, 957 géneros, 173 familias) reportadas por Bonilla-Barbosa y Villaseñor (2003) para el estado de Morelos. Riba et al. (1996) citaron 21 familias, 50 géneros y 158 especies de Pteridofitas y afines para el estado, de las cuales solo 5 especies están reportadas para el municipio de Tlayacapan. La barranca posee 27.21% de las especies, 42% de los géneros y 47.61% de las familias mencionadas para Morelos.

Tepecapa concentra 34% de las 1265 especies de plantas vasculares registradas por Flores-Castorena y Martínez-Alvarado (2011) para el COBIO. Además, en el área de estudio se encontraron tres de las siete especies endémicas de monocotiledóneas del COBIO: *Stelis nigriflora*, *Nemaconia dressleriana* y *Hechtia chichinautzensis* (Pulido-Esparza et al., 2009; Martínez-Correa et al., 2010).

La barranca Tepecapa junto con los cerros “El Sombrerito” y “Las Mariposas” forman parte de la zona núcleo “Las Mariposas”, y para estas dos últimas regiones se reportan 368 especies de plantas vasculares (Cerros-Tlatilpa y Espejo-Serna, 1998). Si consideramos la lista florística de Cerros-Tlatilpa y Espejo-Serna (1998), con la del presente estudio, se tiene un total de 743 especies, excluyendo aquellas que se comparten. Esto sugiere que en los cerros Las Mariposas, El Sombrerito y la barranca Tepecapa existe 58.73% de las especies vasculares reportadas para el COBIO.

En lo que concierne a vegetación, se reporta por primera vez en la barranca Tepecapa, municipio de Tlayacapan, el bosque mesófilo de montaña, ya que solo se conocía de los municipios de Huitzilac y Tepoztlán, estado de Morelos.

CONCLUSIÓN

Aunque la barranca Tepecapa se encuentra en un área poco accesible, no está exenta de la perturbación causada por actividades agrícolas, incendios y deforestación. Del mismo modo se enfrenta a la extracción selectiva de especies en la temporada navideña, por ejemplo: *Agave dasylirioides*, *Dasylirion* sp., *Mammillaria spinosissima*, *Pinus teocote*, *Selaginella* spp., y *Tillandsia* spp.

Finalmente, es necesario continuar con la exploración botánica y el estudio de la flora del Corredor Biológico Chichinautzin junto con otras áreas que no han sido

estudiadas. Además, es importante fomentar en la población el manejo sustentable para la conservación de los recursos naturales.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al personal del Laboratorio Interdisciplinario de Sistemas de Información Geográfica de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos la elaboración del mapa del área de estudio. A Jacqueline Ceja, Aniceto Mendoza, Adolfo Espejo, Ana Rosa López Ferrari, Alfonso Delgado, Susana Valencia, L. Torres Colín, Fernando Chiang y Oscar Dorado por la ayuda brindada en la identificación de algunos ejemplares. A los revisores anónimos por la revisión crítica del manuscrito y a los habitantes del pueblo de San José de los Laureles, municipio de Tlayacapan, por el permiso brindado para explorar sus tierras.

LITERATURA CITADA

Anónimo. 1988. Decreto por el que se declara el área de protección de la flora y fauna silvestre, ubicado en los municipios de Huitzilac, Cuernavaca, Tepoztlán, Jiutepec, Tlalnepantla, Yautepec, Tlayacapan y Totolapan, Morelos. Diario Oficial de la Federación. 30 de noviembre de 1988. México, D.F., México.

Angiosperm Phylogeny Group. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. Bot. J. Linn. Soc. 161: 105-121.

Bonilla-Barbosa, J. R. y A. J. Viana. 1997. Listado florístico de México. XIV Flora del Parque Nacional Lagunas de Zempoala, México. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 31 pp.

Bonilla-Barbosa, J. R. y J. L. Villaseñor. 2003. Catálogo de la flora del estado de Morelos. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, México. 129 pp.

Cerros-Tlatilpa, R. y A. Espejo-Serna. 1998. Contribución al estudio florístico de los cerros El Sombrerito y Las Mariposas (Zoapapalotl), municipio de Tlayacapan, Morelos, México. Polibotánica 8: 29-46.

Flores-Castorena, A. y D. Martínez-Alvarado. 2011. Sinopsis florística. Capítulo V. In: Bonilla-Barbosa, J., M. V. Mora, J. Luna-Figueroa, H. Colín y S. Santillán-Alarcón (eds.). Biodiversidad, conservación y manejo en el Corredor Biológico Chichinautzin condiciones actuales y prespectivas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, México. pp. 69-97.

Hernández, P. 1945. La flora maravillosa de Tepoztlán. Bol. Soc. Bot. Méx. 3: 13-15.

León y Paniagua, L., I. Luna, M. A. Martínez y D. Tejero. 2010. VI Cuenca Alta del Balsas. In: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (ed.). El bosque mesófilo de montaña en México: amenazas y oportunidades para su conservación y manejo sostenible. Comisión Nacional para el Estudio de la Biodiversidad. D.F., México. pp. 88-97.

Lot, A. y F. Chiang (comps.). 1986. Manual de herbario. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares de herbario. Consejo Nacional de la Flora de México, A.C. México, D.F., México. 142 pp.

Martínez-Correa, N., A. Espejo-Serna, A. R. López-Ferrari y I. Ramírez-Morillo. 2010. Two novelties in *Hechtia* (Bromeliaceae, Hechtioideae) from Mexico. Syst. Bot. 35: 745-754.

Mickel, J. T. y A. R. Smith. 2004. The pteridophytes of Mexico. Memoirs of the New York Botanical Garden 88: 1-1054.

Pulido-Esparza, V., A. Espejo-Serna y A. López-Ferrari. 2009. Las monocotiledóneas nativas del Corredor Biológico Chichinautzin. Acta Bot. Mex. 86: 9-38.

Ramírez-Cantú, D. 1949. Notas generales sobre la vegetación de la Sierra de Tepoztlán, Morelos. Anal. Inst. Biol. UNAM 20: 189-228.

Riba, R., L. Pacheco, A. Valdés e Y. Sandoval. 1996. Pteridoflora del estado de Morelos, México. Lista de familias, géneros y especies. Acta Bot. Mex. 37: 45-65.

Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F., México. 504 pp.

Vega, G. A., J. López-García, D. L. Manzo. 2008. Análisis espectral y visual de vegetación y uso del suelo con imágenes Landsat ETM+ con apoyo de fotografías aéreas digitales en el Corredor Biológico Chichinautzin, Morelos, México. Invest. Geogr. 67: 59-75.

Recibido en agosto de 2012.

Reactivado en febrero de 2013.

Aceptado en enero de 2014.

APÉNDICE 1

Listado florístico de la Barranca Tepecapa en el municipio de Tlayacapan Morelos, México. Abreviaturas de vegetación: BMM, bosque mesófilo de montaña; BP-E, bosque de pino-encino y BTC, bosque tropical caducifolio. Forma de vida: AR, árbol; AB, arbusto; EPI, epífita; HER, herbácea; PAR, parásita. El asterisco (*) señala los nuevos registros para el estado.

Especie	Vegetación	Forma de vida
PTERIDOFITAS Y AFINES		
ASPLENIACEAE		
Asplenium blepharophorum Bertol.	BP-E	HER
A. eatonii Davenp.	BP-E	HER
A. monanthes L.	BP-E	HER
**A. sessilifolium* Desv.	BMM	HER
BLECHNACEAE		
Blechnum occidentale L.	BP-E	HER
DRYOPTERIDACEAE		
Dryopteris maxonii Underw. & C. Chr.	BP-E	HER
D. rossii C. Chr.	BP-E	HER
LOMARIOPSIDACEAE		
Nephrolepis undulata (Afzel. ex Sw.) J. Sm.	BMM, BP-E	HER
POLYPODIACEAE		
Campyloneurum angustifolium (Sw.) Fée	BMM	EPI
C. amphostenon (Kunze ex Klotzsch) Fée	BMM, BP-E	EPI
Pecluma ferruginea (M. Martens & Galeotti) M.G. Price	BMM, BP-E	EPI
Pecluma sp.	BMM, BP-E	EPI
Phlebodium areolatum (Humb. & Bonpl. ex Willd.) J. Sm.	BP-E	HER
Pleopeltis polylepis (Roem. ex Kunze) T. Moore	BMM, BP-E	EPI
Polypodium polypodioides (L.) Watt	BMM, BP-E	EPI
P. thyssanolepis A. Braun ex Klotzsch	BMM, BP-E	EPI
PSILOTACEAE		
Psilotum complanatum Sw.	BMM, BP-E	HER
PTERIDACEAE		
Adiantum andicola Liebm.	BP-E	HER
A. concinnum Humb. & Bonpl. ex Willd.	BP-E	HER
A. patens Willd.	BP-E	HER
A. raddianum C. Presl	BP-E	HER
Anogramma leptophylla (L.) Link	BP-E	HER

Apéndice 1. Continuación.

Especie	Vegetación	Forma de vida
Argyrochosma pilifera (R.M. Tryon) Windham	BP-E	HER
Bommeria pedata (Sw.) E. Fourn.	BP-E	HER
Cheilanthes angustifolia Kunth	BP-E	HER
C. aurantiaca (Cav.) T. Moore	BP-E	HER
C. bonariensis (Willd.) Proctor	BP-E	HER
C. cuneata Kaulf. ex Link	BP-E	HER
C. kaulfussii Kunze	BP-E	HER
C. lendigera (Cav.) Sw.	BP-E	HER
Pellaea ternifolia (Cav.) Link	BP-E	HER
Pteris orizabae M. Martens & Galeotti	BP-E	HER
SELAGINELLACEAE		
**Selaginella basipilosa* Valdespino	BP-E	HER
S. delicatissima Linden ex A. Braun	BP-E	HER
**S. hoffmannii* Hieron.	BP-E	HER
S. landii Greenm. & N. Pfeiff.	BP-E	HER
S. lepidophylla (Hook. & Grev.) Spring	BP-E	HER
S. pallescens (C. Presl) Spring	BP-E	HER
S. schaffneri Hieron.	BP-E	HER
S. sellowii Hieron.	BP-E	HER
TECTARIACEAE		
Ctenitis equestris (Kunze) Ching	BP-E	HER
WOODSIACEAE		
Cystopteris fragilis (L.) Bernh.	BP-E	HER
Woodsia mollis (Kaulf.) J. Sm.	BP-E	HER
GIMNOSPERMAS		
PINACEAE		
Pinus teocote Schltdl. & Cham.	BP-E	AR
ANGIOSPERMAS		
MAGNOLIDES		
HERNANDIACEAE		
Gyrocarpus jatrophifolius Domin	BTC	AR
PIPERACEAE		
Peperomia ampla (Trel.) G. Mathieu	BMM	HER
P. bracteata A.W. Hill	BMM, BP-E	EPI
P. leptophylla Miq.	BMM, BP-E	EPI

Apéndice 1. Continuación.

Especie	Vegetación	Forma de vida
P. tetraphylla (G. Forst.) Hook. & Arn.	BMM, BP-E	EPI
Piper amalago L.	BMM	AR
MONOCOTILEDÓNEAS		
ASPARAGACEAE		
Agave dasylirioides Jacobi & C.D. Bouché	BP-E	HER
A. horrida Lem. ex Jacobi	BP-E	HER
Echeandia longipedicellata Cruden	BP-E	HER
E. mexicana Cruden	BP-E	HER
AMARYLLIDACEAE		
Allium glandulosum Link & Otto	BP-E	HER
Manfreda pubescens (Regel & Ortgies) Verh.-Will. ex Piña	BP-E	HER
M. scabra (Ortega) McVaugh	BP-E	HER
Sprekelia formosissima (L.) Herb.	BP-E	HER
ALSTROEMERIACEAE		
Bomarea hirtella (Kunth) Herb.	BP-E	HER
ARACEAE		
Arisaema macrospathum Benth.	BMM, BP-E	HER
BROMELIACEAE		
Hechtia chichinautzensis Martínez-Correa, Espejo & López-Ferrari	BP-E	EPI
Pitcairnia heterophylla (Lindl.) Beer	BTC	HER
P. pteropoda L.B. Sm.	BP-E	HER
Tillandsia caput-medusae E. Morren	BP-E, BTC	EPI
T. hubertiana Matuda	BTC	EPI
T. makoyana Baker	BTC	EPI
T. recurvata (L.) L.	BP-E, BTC	EPI
T. schiedeana Steud.	BTC	EPI
**T. supermexicana* Matuda	BP-E	EPI
T. usneoides (L.) L.	BMM, BP-E	EPI
Tillandsia sp.	BP-E	EPI
Viridantha atroviridipetala (Matuda) Espejo	BP-E	EPI
COMMELINACEAE		
Commelina coelestis Willd.	BP-E	HER
C. diffusa Burm. f.	BP-E	HER
C. leiocarpa Benth.	BP-E	HER
C. tuberosa L.	BP-E	HER
Thyrsanthemum macrophyllum (Greenm.) Rohweder	BP-E	HER
Tinantia erecta (Jacq.) Schltdl.	BP-E	HER

Apéndice 1. Continuación.

Especie	Vegetación	Forma de vida
Tripogandra amplexans Handlos	BP-E	HER
T. disgrega (Kunth) Woodson	BP-E	HER
CYPERACEAE		
Carex longicaulis Boeck.	BP-E	HER
Cyperus lanceolatus Poir.	BP-E	HER
C. seslerioides Kunth	BP-E	HER
C. spectabilis Link	BP-E	HER
Eleocharis acicularis (L.) Roem. & Schult.	BP-E, BT-C	HER
DIOSCOREACEAE		
Dioscorea convolvulacea Schltdl. & Cham.	BP-E	HER
D. galeottiana Kunth	BP-E	HER
D. lobata Uline	BP-E	HER
D. ulinei Greenm. ex R. Knuth	BP-E	HER
D. urceolata Uline.	BP-E	HER
HYPOXIDACEAE		
Hypoxis mexicana Schult. & Schult. f.	BP-E	HER
IRIDACEAE		
Sisyrinchium tenuifolium Humb. & Bonpl. ex Willd.	BP-E	HER
Tigridia meleagris (Lindl.) G. Nicholson	BP-E	HER
LEMNACEAE		
Lemna aequinoctialis Welw.	BTC	HER
LILIACEAE		
Calochortus cernuus J.H. Painter	BP-E	HER
NOLINACEAE		
**Dasylyrion* sp.	BP-E	AB
ORCHIDACEAE		
Bletia gracilis Lodd.	BP-E	HER
B. neglecta Sosa	BP-E	HER
B. purpurata A. Rich. & Galeotti	BP-E	HER
B. roezlii Rchb.f.	BP-E	HER
Cypripedium irapeanum La Llave & Lex.	BP-E	HER
Deiregyne pyramidalis (Lindl.) Burns-Bal.	BP-E	HER
D. rhombilabia Garay	BP-E	HER
Habenaria crassicornis Lindl.	BP-E	HER
H. novemfida Lindl.	BP-E	HER
Hintonella mexicana Ames	BMM	EPI
Laelia autumnalis (La Llave & Lex.) Lindl.	BMM, BP-E	EPI

Apéndice 1. Continuación.

Especie	Vegetación	Forma de vida
Liparis greenwoodiana Espejo	BP-E	HER
Malaxis brachyrrhynchos (Rchb. f.) Ames	BP-E	HER
M. fastigiata (Rchb. f.) Kuntze	BP-E	HER
M. lepidota (Finet) Ames	BP-E	HER
Nemaconia dressleriana (Soto Arenas) Van den Berg, Salazar & Soto Arenas	BMM, BP-E	HER
Prosthechea linkiana (Klotzsch) W.E. Higgins	BMM, BP-E	EPI
Schiedeella eriophora (Rob. & Greenm.) Schltr.	BP-E	HER
Stanhopea hernandezii (Kunth) Schltr.	BMM, BP-E	HER
Stelis nigriflora (L.O. Williams) Pridgeon & M.W. Chase	BP-E	HER
Trichocentrum cebolleta (Jacq.) M.W. Chase & N.H. Williams	BTC	EPI
POACEAE		
Achnatherum constrictum (Hitchc.) Valdés-Reyna & Barkworth	BP-E, BTC	HER
Aristida schiedeana Trin. & Rupr.	BP-E, BTC	HER
Cenchrus ciliaris L.	BP-E	HER
Digitaria ischaemum (Schreb.) Muhl.	BP-E	HER
Enneapogon desvauxii P. Beauv.	BP-E	HER
Melinis repens (Willd.) Zizka	BP-E	HER
Microchloa kunthii Desv.	BP-E	HER
Muhlenbergia ciliata (Kunth) Trin.	BP-E	HER
M. diversiglumis Trin.	BP-E, BTC	HER
M. implicata (Kunth) Trin.	BP-E	HER
M. rigida (Kunth) Kunth	BP-E	HER
M. robusta (E. Fourn.) Hitchc.	BP-E	HER
M. tenella (Kunth) Trin.	BP-E	HER
M. uniseta (Lag.) Columbus	BP-E	HER
M. versicolor Swallen	BP-E	HER
Oplismenus burmannii (Retz.) P. Beauv.	BP-E	HER
Paspalum convexum Humb. & Bonpl. ex Flüggé	BP-E	HER
P. humboldtianum Flüggé	BP-E	HER
P. melanospermum Desv. ex Poir.	BP-E	HER
Schizachyrium sanguineum (Retz.) Alston	BP-E	HER
Setaria parviflora (Poir.) Kerguélen	BP-E	HER
Sporobolus trichodes Hitchc.	BP-E, BTC	HER
Trachypogon spicatus (L. f.) Kuntze	BP-E	HER
Triniochloa stipoides (Kunth) Hitchc.	BP-E	HER
Tripsacum dactyloides (L.) L.	BP-E	HER

Apéndice 1. Continuación.

Especie	Vegetación	Forma de vida
Trisetum virletii E. Fourn.	BP-E, BTC	HER
Zeugites smilacifolius Scribn.	BP-E	HER
SMILACACEAE		
Smilax moranensis M. Martens & Galeotti	BMM, BP-E	HER
EUDICOTILEDÓNEAS		
ACANTHACEAE		
Barleria micans Nees	BTC	AB
Carlowrightia neesiana (Schauer ex Nees) T.F. Daniel	BTC	AB
Dicliptera inaequalis Greenm.	BP-E	HER
Dyschoriste hirsutissima (Nees) Kuntze	BTC	HER
Justicia candicans (Nees) L.D. Benson	BMM, BTC	AB
J. pringlei B.L. Rob.	BTC	AB
Pseuderanthemum praecox (Benth.) Leonard	BP-E	HER
Siphonoglossa mexicana Hilsenb.	BMM, BTC	AB
AMARANTHACEAE		
Iresine angustifolia Euphrasén	BP-E	HER
I. diffusa Humb. & Bonpl. ex Willd.	BMM	HER
ANACARDIACEAE		
Toxicodendron radicans (L.) Kuntze	BMM	AB
APIACEAE		
Donnellsmithia biennis (J.M. Coult. & Rose) Mathias & Constance	BP-E	HER
D. mexicana (B.L. Rob.) Mathias & Constance	BP-E	HER
Eryngium carlinae Delar. f.	BP-E	HER
Micropleura renifolia Lag.	BP-E	HER
Prionosciadium nelsonii J.M. Coult. & Rose	BP-E	HER
APOCYNACEAE		
Asclepias auriculata Kunth	BP-E	HER
A. linaria Cav.	BP-E	HER
Cynanchum foetidum (Cav.) Kunth	BP-E	HER
Gonolobus uniflorus Kunth	BP-E	HER
Mandevilla holosericea (Sessé & Moc.) J.K. Williams	BP-E	HER
Plumeria rubra L.	BTC	AB
Thenardia floribunda Kunth	BMM, BP-E	HER
APODANTHACEAE		
Pilostyles thurberi A. Gray	BP-E	PAR
ARALIACEAE		
Oreopanax peltatus Linden	BP-E	AB, AR

Apéndice 1. Continuación.

Especie	Vegetación	Forma de vida
ASTERACEAE		
Ageratina mairetiana (DC.) R.M. King & H. Rob.	BP-E	AB
A. pazcuarensis (Kunth) R.M. King & H. Rob.	BP-E	HER
A. petiolaris (Moc. ex DC.) R.M. King & H. Rob.	BP-E	AB
Ageratina sp.	BP-E	AB
Ageratum corymbosum Zuccagni	BP-E, BTC	HER
Alloispermum integrifolium (DC.) H. Rob.	BP-E	AB
A. scabrum (Lag.) H. Rob.	BP-E	HER
Alomia alata Hemsl.	BP-E	HER
Archibaccharis schiedeana (Benth.) J.D. Jacks.	BMM	AB
A. serratifolia (Kunth) S.F. Blake	BMM	AB
Aster subulatus Michx.	BP-E, BTC	HER
Brickellia pendula (Schrad.) A. Gray	BP-E	AB
Cosmos crithmifolius Kunth	BP-E	HER
C. ocellatus Greenm.	BP-E	HER
C. scabiosoides Kunth	BP-E	HER
Dahlia coccinea Cav.	BP-E	HER
Erigeron karvinskianus DC.	BP-E	HER
Galinsoga parviflora Cav.	BP-E	HER
**Gnaphalium canescens* DC.	BP-E	HER
G. inornatum DC.	BP-E	HER
G. semiamplexicaule DC.	BP-E	HER
Iostephane heterophylla (Cav.) Benth.	BP-E	HER
Jaegeria hirta (Lag.) Less.	BP-E	HER
Lagascea rigida (Cav.) Stuessy	BP-E, BTC	AB
L. helianthifolia Kunth	BP-E, BTC	AB
Lasianthaea helianthoides DC.	BP-E	HER
Melampodium divaricatum (Rich.) DC.	BP-E, BTC	HER
M. microcephalum Less.	BP-E	HER
Montanoa frutescens Mairet ex DC.	BMM	AB
Pittocaulon praecox (Cav.) H. Rob. & Brettell	BTC	AB
Piqueria pilosa Kunth	BP-E	HER
Porophyllum viridiflorum (Kunth) DC.	BP-E	HER
Roldana angulifolia (DC.) H. Rob. & Brettell	BP-E	AB
R. lobata La Llave	BP-E, BTC	AB
Rumfordia floribunda DC.	BP-E	AB
Sabazia humilis (Kunth) Cass.	BP-E	HER

Apéndice 1. Continuación.

Especie	Vegetación	Forma de vida
Senecio mulgediifolius S. Schauer	BP-E	HER
Stevia incognita Grashoff	BP-E	HER
S. micrantha Lag.	BP-E	HER
S. origanoides Kunth	BP-E	HER
S. subpubescens Lag.	BP-E, BTC	AB
Steviopsis adenosperma (Sch. Bip.) B.L. Turner	BP-E	HER
Tagetes filifolia Lag.	BP-E	HER
T. lucida Cav.	BP-E	HER
T. lunulata Ortega	BP-E, BTC	HER
Tithonia tubiformis (Jacq.) Cass.	BP-E	HER
Verbesina tetraptera (Ortega) A. Gray	BP-E	HER
Vernonia alamanii DC.	BP-E	AB
V. salicifolia (Mart.) Less.	BP-E	AB
Zinnia peruviana L.	BP-E, BTC	HER
BEGONIACEAE		
Begonia biserrata Lindl.	BP-E	HER
B. gracilis Kunth	BP-E	HER
BIGNONIACEAE		
Distictis buccinatoria (DC.) A.H. Gentry	BMM, BP-E	AB
BORAGINACEAE		
Tournefortia hirsutissima L.	BMM	HER
Nama origanifolia Kunth	BP-E	HER
Bursera cuneata (Schltdl.) Engl.	BP-E, BTC	AR
B. fagaroides (Kunth) Engl.	BP-E, BTC	AR
B. glabrifolia (Kunth) Engl.	BP-E, BTC	AR
B. longipes (Rose) Standl.	BP-E, BTC	AR
CACTACEAE		
Mammillaria spinosissima Lem.	BP-E	HER
Nopalea sp.	BTC	AB
Opuntia tomentosa Salm-Dyck	BTC	AB
CAMPANULACEAE		
Diastatea tenera (A. Gray) McVaugh	BTC	HER
Lobelia laxiflora Kunth	BP-E	HER
CARYOPHYLLACEAE		
Arenaria lanuginosa (Michx.) Rohrb.	BP-E	HER
Stellaria cuspidata Willd. ex Schltdl.	BP-E	HER

Apéndice 1. Continuación.

Especie	Vegetación	Forma de vida
CELASTRACEAE		
Celastrus pringlei Rose	BMM	AB
Hippocratea celastroides Kunth	BMM, BTC	AB
CONVOLVULACEAE		
Cuscuta corymbosa Ruiz & Pav.	BP-E	PAR
C. gracillima Engelm.	BP-E	PAR
C. tinctoria Mart. ex Engelm.	BP-E	PAR
Evolvulus alsinoides (L.) L.	BTC	HER
Ipomoea alba L.	BTC	HER
I. batatas (L.) Lam.	BTC	HER
I. bracteata Cav.	BTC	HER
I. conzattii Geenm.	BP-E, BTC	HER
I. dimorphophylla Greenm.	BP-E	HER
I. purga (Wender.) Hayne	BP-E	HER
I. purpurea (L.) Roth	BP-E	HER
CRASSULACEAE		
Echeveria grandiflora Haw.	BP-E	HER
E. waltheri Moran & Meyran	BP-E	HER
Sedum cremnophila R.T. Clause	BP-E	HER
S. jaliscanum S. Watson	BP-E	HER
S. oxypetalum Kunth	BP-E	AB
S. stelliforme S.Watson	BP-E	HER
Sedum sp.	BP-E	HER
CUCURBITACEAE		
Cyclanthera ribiflora (Schltdl.) Cogn.	BP-E, BTC	HER
C. tamnoides (Willd.) Cogn.	BMM, BTC	HER
Echinopepon gemellus (Ser.) A.K. Monro & P.J. Stafford	BP-E, BTC	HER
Polyclathra cucumerina Bertol.	BMM, BTC	HER
EBENACEAE		
Diospyros digyna Jacq.	BTC	AR
ERICACEAE		
Arbutus xalapensis Kunth	BP-E	AR
EUPHORBIACEAE		
Acalypha mollis Kunth	BP-E	HER
Euphorbia graminea var. *novogaliciana* McVaugh	BP-E	HER
E. multiseta Benth.	BP-E	HER
E. pulcherrima Willd. ex Klotzsch	BTC	AB

Apéndice 1. Continuación.

Especie	Vegetación	Forma de vida
E. schlechtendalii Boiss.	BTC	AB
E. sphaerorhiza Benth.	BP-E	HER
FABACEAE		
Acacia acatlensis Benth.	BP-E	AR
A. angustifolia (Lam.) Desf.	BP-E, BTC	AR
Aeschynomene americana L.	BP-E, BTC	HER
Calliandra grandiflora (L'Hér.) Benth.	BP-E, BTC	HER
Canavalia villosa Benth.	BP-E, BTC	HER
**Clitoria mexicana* Link	BMM, BP-E	HER
**C. polystachya* Benth.	BMM, BP-E	HER
Cologania broussonetii (Balb.) DC.	BP-E, BTC	HER
C. jaliscana S. Watson	BMM, BP-E	HER
Crotalaria cajanifolia Kunth	BP-E, BTC	HER
C. mollicula Kunth	BP-E, BTC	HER
C. sagittalis L.	BP-E, BTC	HER
Dalea sericea Lag.	BP-E	HER
Desmodium aff. *aparines* (Link) DC.	BMM, BP-E	HER
D. guadalajaranum S. Watson	BMM, BP-E	HER
D. intortum (Mill.) Urb.	BP-E	HER
D. jaliscanum S. Watson	BMM, BP-E	HER
D. molliculum (Kunth) DC.	BMM, BP-E	HER
D. skinneri Benth. ex Hemsl.	BP-E	HER
Diphysa racemosa Rose	BP-E	AB
Erythrina breviflora Sessé & Moc. ex DC.	BP-E	AB
Eysenhardtia polystachya (Ortega) Sarg.	BP-E, BTC	AR
Galactia multiflora B.L. Rob.	BMM, BP-E	HER
Indigofera miniata Ortega	BP-E, BTC	HER
Leucaena diversifolia (Schltdl.) Benth.	BP-E, BTC	AR
Lupinus mexicanus Cerv. ex Lag.	BP-E	HER
Lysiloma acapulcense (Kunth) Benth.	BP-E, BTC	AR
Marina nutans (Cav.) Barneby	BMM, BP-E	HER
Mimosa albida Humb. & Bonpl. ex Willd.	BP-E, BTC	AB
M. benthamii J.F. Macbr.	BP-E, BTC	AB
M. caerulea Rose	BP-E, BTC	AB
M. lacerata Rose	BP-E, BTC	AB
Phaseolus coccineus L.	BP-E, BTC	HER
P. pedicellatus Benth.	BP-E, BTC	HER

Apéndice 1. Continuación.

Especie	Vegetación	Forma de vida
Rhynchosia discolor M. Martens & Galeotti	BMM, BP-E	HER
Senna skinneri (Benth.) H.S. Irwin & Barneby	BP-E, BTC	AB
S. holwayana (Rose) H.S. Irwin & Barneby	BP-E, BTC	AB
Zornia thymifolia Kunth	BP-E, BTC	HER
FAGACEAE		
Quercus candicans Née	BMM, BP-E	AR
Q. castanea Née	BP-E	AR
Q. glaucoides M. Martens & Galeotti	BP-E	AR
Q. obtusata Bonpl.	BMM, BP-E	AR
Q. splendens Née	BP-E	AR
GARRYACEAE		
Garrya longifolia Rose	BMM	AR
GERANIACEAE		
Geranium schiedeanum Schltdl.	BP-E	HER
GESNERIACEAE		
Achimenes grandiflora (Schltdl.) DC.	BP-E	HER
A. antirrhina (DC.) C.V. Morton	BP-E	HER
HYPERICACEAE		
Hypericum silenoides Juss.	BP-E	HER
LAMIACEAE		
Salvia lavanduloides Kunth	BP-E	HER
S. leucantha Cav.	BP-E	HER
S. mexicana L.	BP-E	HER
S. mocinoi Benth.	BP-E	HER
S. sessei Benth.	BP-E	AB
Salvia sp.	BP-E	HER
Stachys coccinea Ortega	BP-E	HER
LAURACEAE		
Litsea glaucescens Kunth	BMM, BP-E	AB
Nectandra salicifolia (Kunth) Nees	BMM, BTC	AR
LENTIBULARIACEAE		
Pinguicula moranensis var. *moranensis* Kunth	BP-E	HER
P. moranensis var. *neovolcanica* Zamudio	BP-E	HER
LOASACEAE		
Gronovia longiflora Rose	BMM, BTC	HER
LOGANIACEAE		
Spigelia speciosa Kunth	BP-E	HER

Apéndice 1. Continuación.

Especie	Vegetación	Forma de vida
LORANTHACEAE		
Cladocolea oligantha (Standl. & Steyerm.) Kuijt	BP-E	PAR
LYTHRACEAE		
Cuphea angustifolia Jacq. ex Koehne	BP-E	HER
C. hookeriana Walp.	BP-E	HER
C. lanceolata W.T. Aiton	BP-E	HER
C. wrightii A.Gray	BP-E	HER
MALPIGHIACEAE		
Gaudichaudia diandra Nied.	BTC	HER
Mascagnia dipholiphylla (Small) Bullock	BP-E	AB
MALVACEAE		
Abutilon ellipticum Schltdl.	BP-E, BTC	HER
Malvaviscus arboreus Cav.	BP-E, BTC	AR
Periptera punicea (Lag.) DC.	BMM, BP-E	HER
Triumfetta semitriloba Jacq.	BMM, BP-E	HER
MELIACEAE		
Guarea glabra Vahl	BMM	AR
MORACEAE		
Ficus cotinifolia Kunth	BTC	AR
F. petiolaris Kunth	BTC	AR
MYRSINACEAE		
Ardisia compressa Kunth	BMM, BP-E, BTC	AR
Myrsine juergensenii (Mez) Ricketson & Pipoly	BMM	AR
MYRTACEAE		
Eugenia crenularis Lundell	BMM	AR
OLEACEAE		
Fraxinus uhdei (Wenz.) Lingelsh.	BMM	AR
ONAGRACEAE		
Fuchsia arborescens Sims	BP-E	AB
F. decidua Standl.	BP-E	AB
F. encliandra Steud.	BP-E	AB
F. fulgens DC.	BP-E	AB
Gongylocarpus rubricaulis Schltdl. & Cham.	BP-E	HER
Lopezia longiflora Decne.	BMM, BP-E	AB
L. miniata Lag. ex DC.	BP-E	HER
Ludwigia octovalvis (Jacq.) P.H. Raven	BP-E, BTC	HER

Apéndice 1. Continuación.

Especie	Vegetación	Forma de vida
OPILIACEAE		
Agonandra racemosa (DC.) Standl.	BP-E	AR
OROBANCHACEAE		
Castilleja arvensis Schltdl. & Cham.	BP-E	HER
C. tenuiflora Benth.	BP-E	HER
C. tenuifolia M. Martens & Galeotti	BP-E	HER
Conopholis alpina Liebm.	BP-E	PAR
Escobedia grandiflora (L.f.) Kuntze	BP-E	HER
Lamourouxia longiflora Benth.	BP-E	HER
L. multifida Kunth	BP-E	HER
OXALIDACEAE		
Oxalis jacquiniana Kunth	BP-E	HER
O. latifolia Kunth	BP-E	HER
O. lunulata Zucc.	BP-E	HER
O. tetraphylla Cav.	BP-E	HER
Oxalis sp.	BP-E	HER
PASSIFLORACEAE		
Passiflora suberosa L.	BP-E	HER
Passiflora sp.	BP-E	HER
PHRYMACEAE		
Mimulus glabratus Kunth	BP-E, BTC	HER
PLANTAGINACEAE		
Lophospermum scandens D. Don	BP-E	HER
POLEMONIACEAE		
Loeselia glandulosa (Cav.) G.Don	BP-E	HER
L. mexicana (Lam.) Brand	BP-E	HER
POLYGALACEAE		
Monnina ciliolata Sessé & Moc. ex DC.	BMM, BP-E	AB
Polygala appressipilis S.F.Blake	BP-E	HER
P. paniculata L.	BP-E	HER
Polygala sp.	BP-E	HER
POLYGONACEAE		
Polygonum amphibium L.	BTC	HER
RANUNCULACEAE		
Clematis dioica L.	BP-E	AB
Delphinium pedatisectum Hemsl.	BP-E	HER
Thalictrum gibbosum Lecoy.	BP-E	HER

Apéndice 1. Continuación.

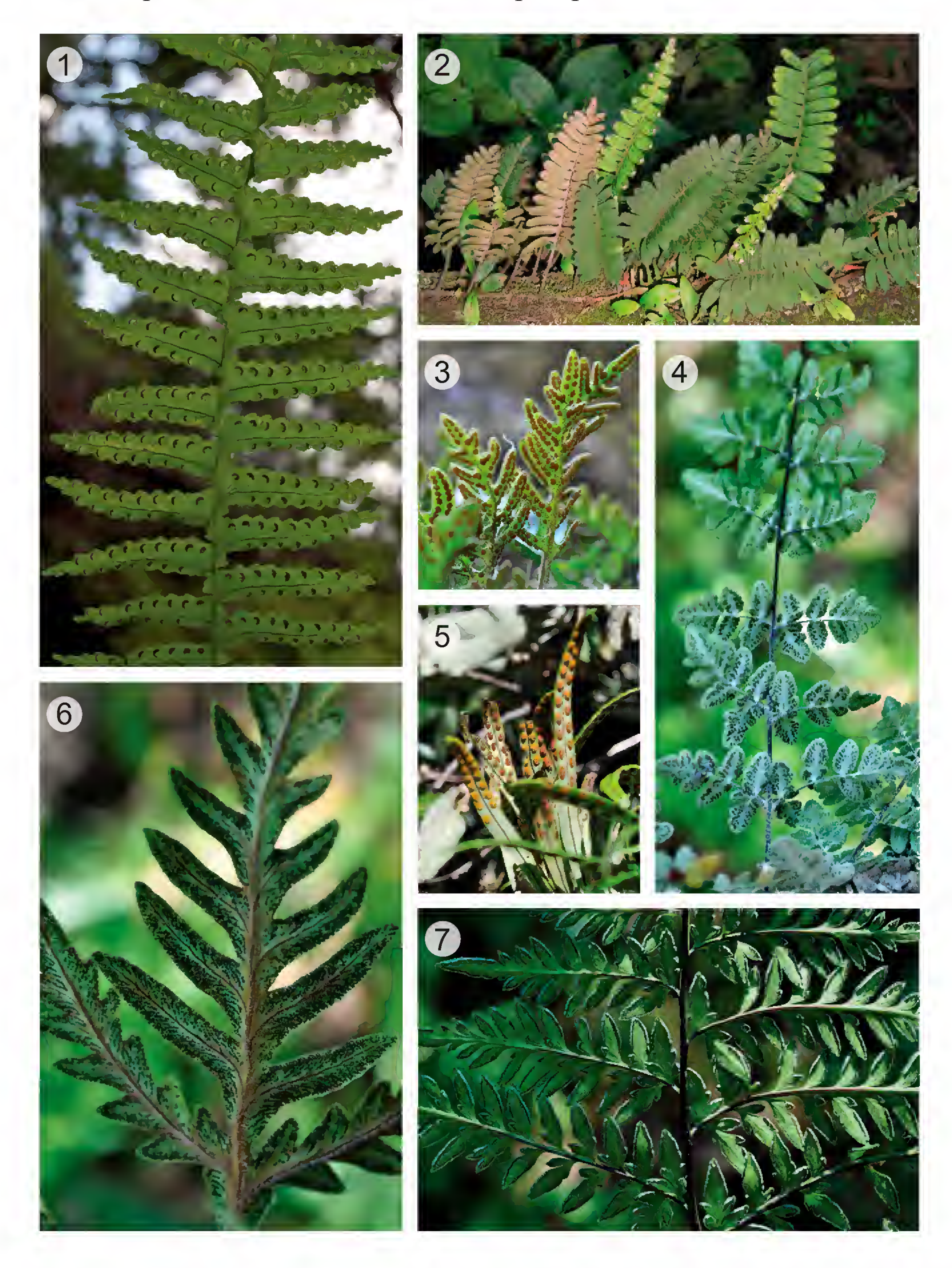
Especie	Vegetación	Forma de vida
RHAMNACEAE		
Frangula hintonii (M.C. Johnst. & L.A. Johnst.) A. Pool	BMM	AR
RUBIACEAE		
Borreria prostrata (Aubl.) Miq.	BTC	HER
Bouvardia laevis M. Martens & Galeotti	BP-E	HER
B. multiflora (Cav.) Schult. & Schult. f.	BP-E	HER
B. ternifolia (Cav.) Schltdl.	BP-E	HER
Crusea coccinea DC.	BP-E	HER
C. longiflora (Willd. ex Roem. & Schult.) W.R. Anderson	BP-E	HER
Hoffmannia cuneatissima B.L. Rob.	BMM	AB
Galium mexicanum Kunth	BP-E	HER
**Randia obcordata* S. Watson	BTC	AB
R. thurberi S. Watson	BTC	AB
RUTACEAE		
**Amyris balsamifera* L.	BMM, BTC	AR
**Amyris rekoi* Blake	BMM	AB
Esenbeckia vazquezii Ramos & E. Martínez	BMM, BTC	AR
SABIACEAE		
Meliosma dentata (Liebm.) Urb.	BMM	AR
SALICACEAE		
Xylosma flexuosa (Kunth) Hemsl.	BMM, BTC	AR
Xylosma sp.	BMM, BTC	AR
SANTALACEAE		
Phoradendron brachystachyum (DC.) Nutt.	BP-E	PAR
P. decipiens Kuijt	BTC	PAR
SAPINDACEAE		
Serjania mexicana (L.) Willd.	BTC	HER
SAPOTACEAE		
**Sideroxylon cartilagineum* (Cronquist) T.D. Penn.	BTC	AR
SCROPHULARIACEAE		
Russelia coccinea (L.) Wettst.	BP-E	HER
Buddleia sessiliflora Kunth	BP-E	AB
SOLANACEAE		
**Brachistus stramoniifolius* (Kunth) Miers	BMM, BTC	AB
Cestrum nitidum M. Martens & Galeotti	BP-E	AB
C. thyrsoideum Kunth	BP-E	AB
C. tomentosum L. f.	BP-E, BTC	AB

Apéndice 1. Continuación.

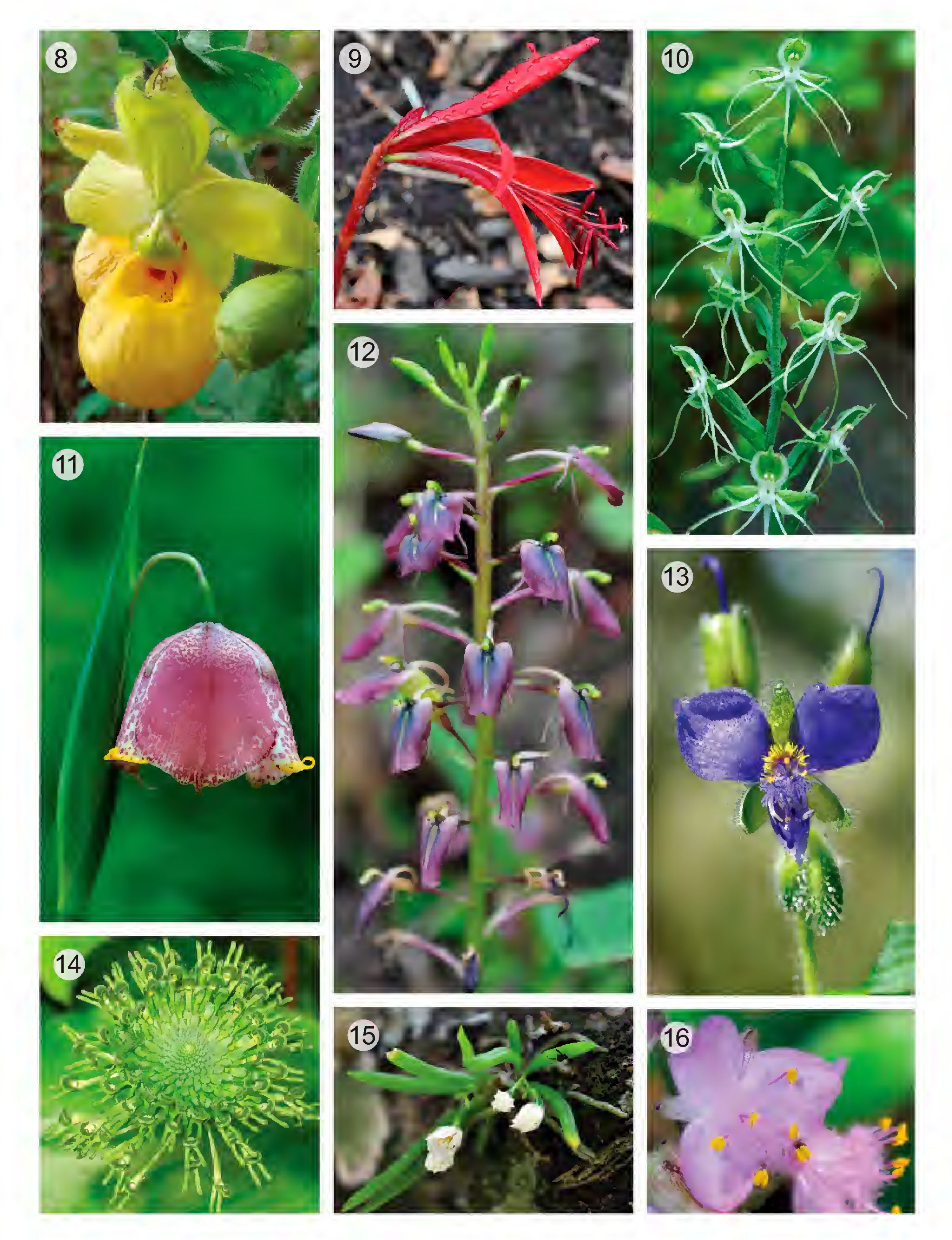
Especie	Vegetación	Forma de vida
Cestrum sp.	BP-E	AB
Jaltomata procumbens (Cav.) J.L. Gentry	BP-E	HER
**Lycianthes peduncularis* (Schltdl.) Bitter	BP-E	HER
**L. pilosissima* (M. Martens & Galeotti) Bitter	BP-E	HER
L. rzedowskii E.A. Dean	BP-E	HER
Physalis gracilis Miers	BP-E	HER
Solanum cervantesii Lag.	BP-E	AB
S. marginatum L. f.	BP-E	AB
S. nigrescens M. Martens & Galeotti	BP-E	HER
S. nigricans M. Martens & Galeotti	BP-E	AB
STYRACACEAE		
Styrax ramirezii Greenm.	BMM	AR
SYMPLOCACEAE		
Symplocos citrea Lex. ex La Llave & Lex.	BMM	AR
THEACEAE		
Ternstroemia lineata DC.	BMM, BP-E	AR
ULMACEAE		
Trema micrantha (L.) Blume	BMM, BTC	AR
URTICACEAE		
Myriocarpa brachystachys S. Watson	BP-E, BTC	AR
Parietaria macrophylla B.L. Rob. & Greenm.	BMM	HER
Pilea hyalina Fenzl	BP-E	HER
Urera baccifera (L.) Gaudich. ex Wedd.	BMM, BP-E	AR
U. caracasana (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.	BMM	AR
VALERIANACEAE		
Valeriana palmeri A. Gray	BP-E	HER
V. sorbifolia Kunth	BP-E	HER
V. tafiensis Borsini	BP-E	HER
V. urticaefolia Kunth	BP-E	HER
VERBENACEAE		
Lippia mexicana G. L. Nesom	BP-E	HER
Citharexylum hintoni Moldenke	BP-E	AB

APÉNDICE 2

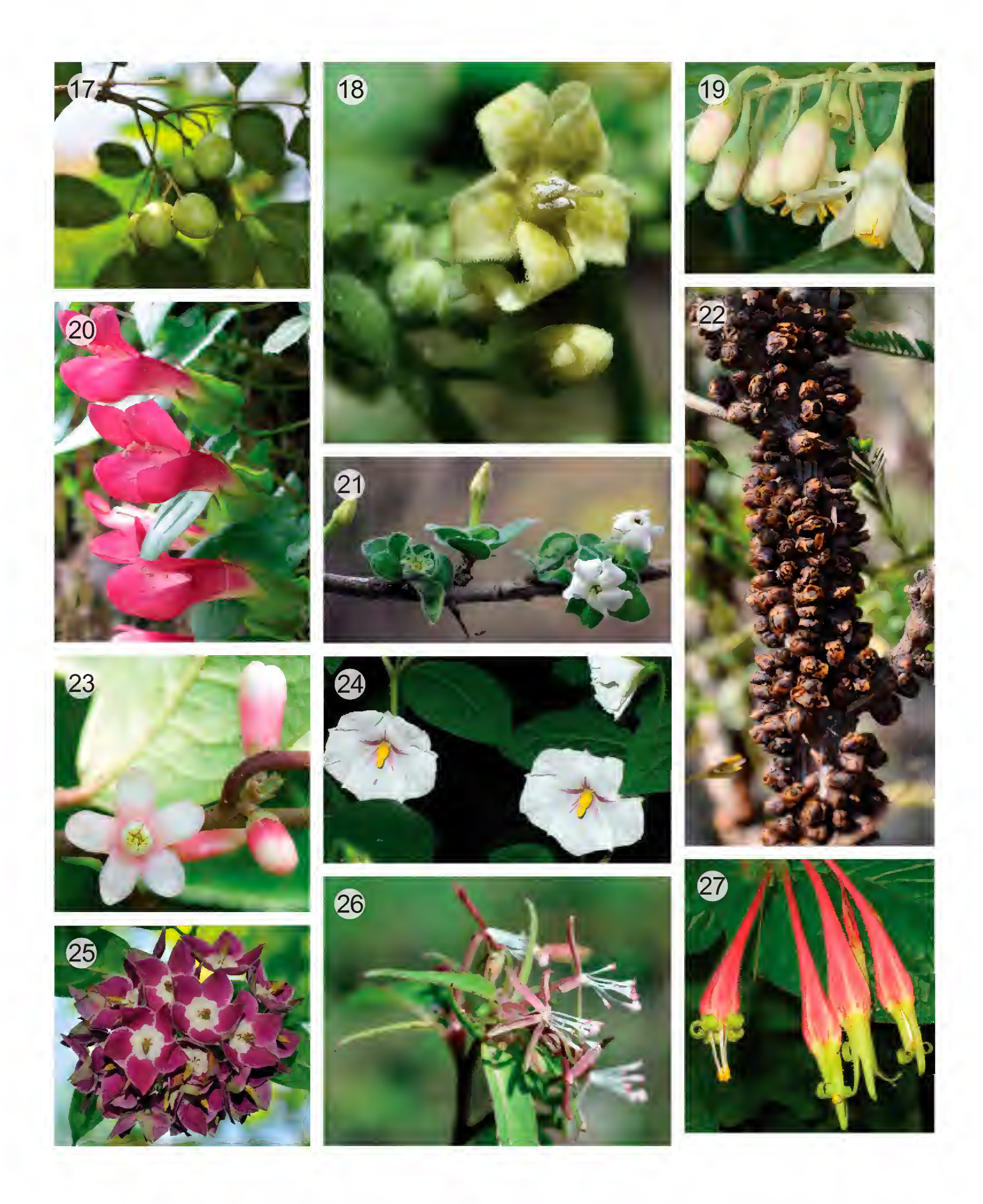
Flora representativa de la Barranca Tepecapa.



1. *Nephrolepis undulata*; 2. *Polypodium polypodioides*; 3. *Polypodium thyssanolepis*; 4. *Argyrochosma pilifera*; 5. *Pleopeltis polylepis*; 6. *Bommeria pedata*; 7. *Cheilanthes cuneata*.



8. *Cypripedium irapeanum*; 9. *Sprekelia formosissima*; 10. *Habenaria crassicornis*; 11. *Tigridia meleagris*; 12. *Liparis greenwoodiana*; 13. *Tinantia erecta*; 14. *Malaxis brachyrrhynchos*; 15. *Hintonella mexicana*; 16. *Thyrsanthemum macrophyllum*.



17. *Amyris balsamifera*; 18. *Brachistus stramoniifolius*; 19. *Styrax ramirezii*; 20. *Lophospermum scandens*; 21. *Randia obcordata*; 22. *Pilostyles thurberi*; 23. *Symplocos citrea*; 24. *Lycianthes peduncularis*; 25. *Thenardia floribunda*; 26. *Gongylocarpus rubricaulis*; 27. *Spigelia speciosa*.

Acta Botanica Mexicana 108: 39-49 (2014)

HOFFMANNIA RZEDOWSKIANA (RUBIACEAE), UNA NUEVA ESPECIE DEL SUR DE MÉXICO Y NICARAGUA

Gonzalo Castillo-Campos[1,3], Alma Patricia Bautista-Bello[1] y David H. Lorence[2]

[1]Instituto de Ecología, A.C., Red de Biodiversidad y Sistemática, Carretera Antigua a Coatepec Núm. 351, El Haya, 91070 Xalapa, Veracruz, México.
[2]National Tropical Botanical Garden, 3530 Papalina Road Kalaheo, Hawaii 96741, USA.
[3]Autor para la correspondencia: gonzalo.castillo@inecol.mx

RESUMEN

Se describe e ilustra a *Hoffmannia rzedowskiana* Cast.-Campos, Bautista-Bello y Lorence perteneciente a la familia Rubiaceae como una nueva especie del sur de México (Chiapas, Oaxaca y Veracruz) y Nicaragua. En Veracruz se ha registrado en la región de Los Tuxtlas y en Uxpanapa cerca de los límites con los Chimalapas (Oaxaca). Esta especie muestra similitudes con *Hoffmannia discolor*, de la que difiere por presentar hojas pilosas por el envés, sésiles a cortamente pecioladas, nervaduras laterales 19-23(-26) pares, flores pubescentes y estigma linear.

Palabras clave: *Hoffmannia*, México, Rubiaceae.

ABSTRACT

Hoffmannia rzedowskiana Cast.-Campos, Bautista-Bello and Lorence (Rubiaceae) is described and illustrated as a new species from southern Mexico (Chiapas, Oaxaca and Veracruz) and Nicaragua. In Veracruz, it occurs in the region of Los Tuxtlas and Uxpanapa near the border with the Chimalapas (Oaxaca). This species is related to *Hoffmannia discolor*, from which it differs by presenting leaves which are pilose on the abaxial surface, sessile to shortly petiolate, lateral veins 19-23(-26) pairs, pubescent flowers and a linear stigma.

Key words: *Hoffmannia*, Mexico, Rubiaceae.

Hoffmannia Sw. (Hamelieae) es uno de los géneros grandes de la familia Rubiaceae. Incluye cerca de 100 a 125 especies (Standley y Williams, 1975; Burger y Taylor, 2012) distribuidas principalmente en la región neotropical desde México hasta Sudamérica (Standley, 1934; Standley y Williams, 1975; Dwyer, 1980; Burger y Taylor, 1993; González Arce y Poveda Álvarez, 2004; Borhidi, 2006). La mayor parte de ellas se encuentran en las áreas montañosas del sur de nuestro país y en América Central (Williams, 1973; Taylor y Gereau, 2011). Este género está representado en el territorio de la República por 34 especies de arbustos y hierbas (Borhidi, 2006; 2012), de las cuales cerca de 15 se encuentran en Veracruz.

En la revisión del género *Hoffmannia* para Veracruz se encontró que la mayoría de los ejemplares identificados como *H. discolor* y colectados en México no pertenecen a este taxon, sino a uno no descrito. En recientes exploraciones de inventarios florísticos en la selva alta perennifolia de la región de Los Tuxtlas y en Uxpanapa se colectaron nuevos especímenes vivos del género *Hoffmannia* que se mantuvieron en observación en un invernadero hasta que florecieron y fructificaron. Se examinaron las estructuras reproductivas del material dudoso, lo que contribuyó a definir las diferencias en los especímenes confusos. *Hoffmannia* es un género poco conocido, con especies de gran variación, ya que en una misma población se puede presentar una diferencia sorprendente de varios de sus caracteres morfológicos, incluidos el tamaño y forma de sus hojas y el color de las flores, haciendo muy difícil la determinación de especies dentro del mismo grupo (Dwyer, 1969; Burger, 1999). Parte de esta inestabilidad se debe probablemente a los diferentes niveles de ploidía que se puede presentar, particularmente a lo largo de un gradiente altitudinal (Kiehn, 1995). Considerando la variación morfológica mencionada, los especímenes de la nueva especie fueron confundidos por diversos especialistas con *Hoffmannia discolor*, de manera que la mayoría de los ejemplares con este último nombre colectados en Chiapas, Oaxaca y Veracruz, así como dos de Nicaragua pertenecen a este nuevo taxon. En los individuos vivos colectados en el estado de Veracruz se pueden distinguir claramente los dos taxa simpátricos que comparten características similares en la forma espatulada de las hojas; sin embargo, presentan a su vez diferencias importantes (Cuadro 1).

Hoffmannia rzedowskiana Cast.-Campos, Bautista-Bello & Lorence sp. nov. (Figs. 1 y 2).

Herb with succulent, quadrangular, strigose stem to 50 cm long; succulent leaves sessile to shortly petiolate, blade spatulate, 8-27 cm long, 4.5-10.5

Cuadro 1. Similitudes y diferencias en las características morfológicas de *Hoffmannia rzedowskiana*, *H. discolor* y *H. bullata*.

Caracteres	*Hoffmannia discolor*	*Hoffmannia rzedowskiana*	*Hoffmannia bullata*
Altura o longitud (cm)	hasta 80	hasta 50	hasta 50
Forma de crecimiento	herbácea y sufrutescente, rastrera, tallos cilíndricos	herbácea, erecta, tallos cuadrangulares	herbácea, rastrera
Hoja			
longitud de pecíolo (cm)	1.8-8.0	ausente a 1.1	1-5
forma	espatulada-obovada	espatulada	elíptica, obovada, oblanceolada
superficie	glabra	haz glabro a glabrescente, envés pubescente en las nervaduras principales	haz glabro y glabrescente en envés
longitud (cm)	8.5-23.0	8-27	4-20
ancho (cm)	5.0-8.5	4.5-10.5	3.5-12.0
ápice	agudo a redondeado	redondeado, ocasionalmente agudo	obtuso-agudo
pares de nervios	9-14	19-23(-26)	8-16
Inflorescencias			
número por nudo	1	1-4	1-2
flor			
superficie del cáliz	glabro	pubescente	glabro a esparcidamente puberulento
estigma	capitado	linear	no visto
Fruto			
diámetro (mm)	6-9	6-7(-12)	4-9

cm wide, lateral veins 19-23(-26) pairs, prominent abaxially; inflorescence axillary, cymose, flowers 4-22; fruits red, subglobose, calyx lobes linear, 3-4 mm long, 0.1-1.2 mm wide. Related to *H. discolor*, which differs by its glabrous, petiolate leaves with less lateral veins, white veins on adaxial surface and capitate stigma.

Hierba erecta, de hasta 50 cm de alto, tallo estrigoso, cuadrangular, suculento, corrugado al secarse, de 0.6 mm de grueso, entrenudos de 0.3-1.5 cm de longitud. Hojas opuestas, simples, sésiles o con pecíolos de 0.7-1.1 mm de longitud, pubescentes, ocasionalmente ligeramente acanalados; lámina espatulada, verde, de 8-27 cm de longitud, de 4.5-10.5 cm de ancho, haz glabro, nervaduras impresas, generalmente lenticeladas en las venas principales, frecuentemente pubescentes en láminas jóvenes, envés pardo, nerviación prominente, pubescentes sobre nervaduras con pelos adpresos, articulados, de 0.4-4.5 mm de longitud, margen frecuentemente ciliado, entero en láminas maduras, ápice redondeado, en ocasiones agudo, base decurrente, nerviación eucaptódroma, nervios laterales 19-23(-26) pares; estípulas interpeciolares, triangulares, suculentas, pubescentes, de 2.0-2.4 mm de longitud, de 1.2-4.0 mm de ancho en la base. Inflorescencia axilar, cimosa, de 3-12 cm de longitud, de 2.0-2.5 cm de ancho, de 1-4 cimas por nudo, flores 4-22 por cima; pedúnculos de 4-13 cm de longitud, 2 mm de grueso, pubescentes, suculentos; pedicelos de 3.2 mm de longitud, 1.3 mm de grueso, pubescentes; cáliz 4-lobado, lóbulos lineares, con un nervio impreso pubescente, de 1-9 mm de longitud, 0.4-1.2 mm de ancho en la base; tubo de la corola de 3.4-4.0 mm de longitud, 2.1-2.3 mm de ancho; corola de 18-20 mm de longitud, internamente glabra, externamente pubescente, lóbulos 4, de 9.1-12.0 mm de longitud, de 3.1-5.2 mm de ancho en la base, de color rojo intenso; estambres 4, blancos, interlobulares, de 6-7 mm de longitud; anteras blancas, de 6.1-6.3 mm de longitud, de 0.2-0.4 mm de ancho, glabras, filamentos blancos, de 0.4-1.2 mm de longitud; estilo de 6.2-7.4 mm de longitud, 0.1-0.2 mm de grueso; estigma blanco, linear, de 4-5 mm de longitud, 1.0 mm de ancho; ovario de 4-5 mm de longitud, pubescente. Fruto subgloboso, 4-costillado cuando inmaduro, lenticelado, de 6-7(-12) mm de longitud, 4-15(-23) frutos por cima, distribuidos en dos hileras, opuestos, lóbulos del cáliz en el fruto lineares, de 3-4 mm de longitud, 0.1-1.2 mm de ancho en la base, suculentos, pubescentes; semillas pardas, foveoladas o reticuladas, de 1-4 mm de longitud, 0.6-2.0 mm de ancho, irregulares.

Tipo: MÉXICO. Veracruz, municipio de Uxpanapa, Arroyo Zarco, aproximadamente 15 km al suroeste de La Laguna, alt. 450 m, 24 noviembre 2012. *G. Castillo C. y L. Aragón A. 27618* (Holotipo, XAL; isotipo, MEXU).

Ejemplares adicionales examinados. MÉXICO. **Chiapas**: Mpio. Ocosingo, laguna del ejido Antonio Escobar senda para Laguna Ocotal, *J. I. Calzada 12036* (XAL); laguna El Suspiro, al SW del campamento, *J. García F. 738* (XAL). **Nuevo León**: Mpio. Montemorelos, entre Monterrey y Cd. Victoria, 35 km al S

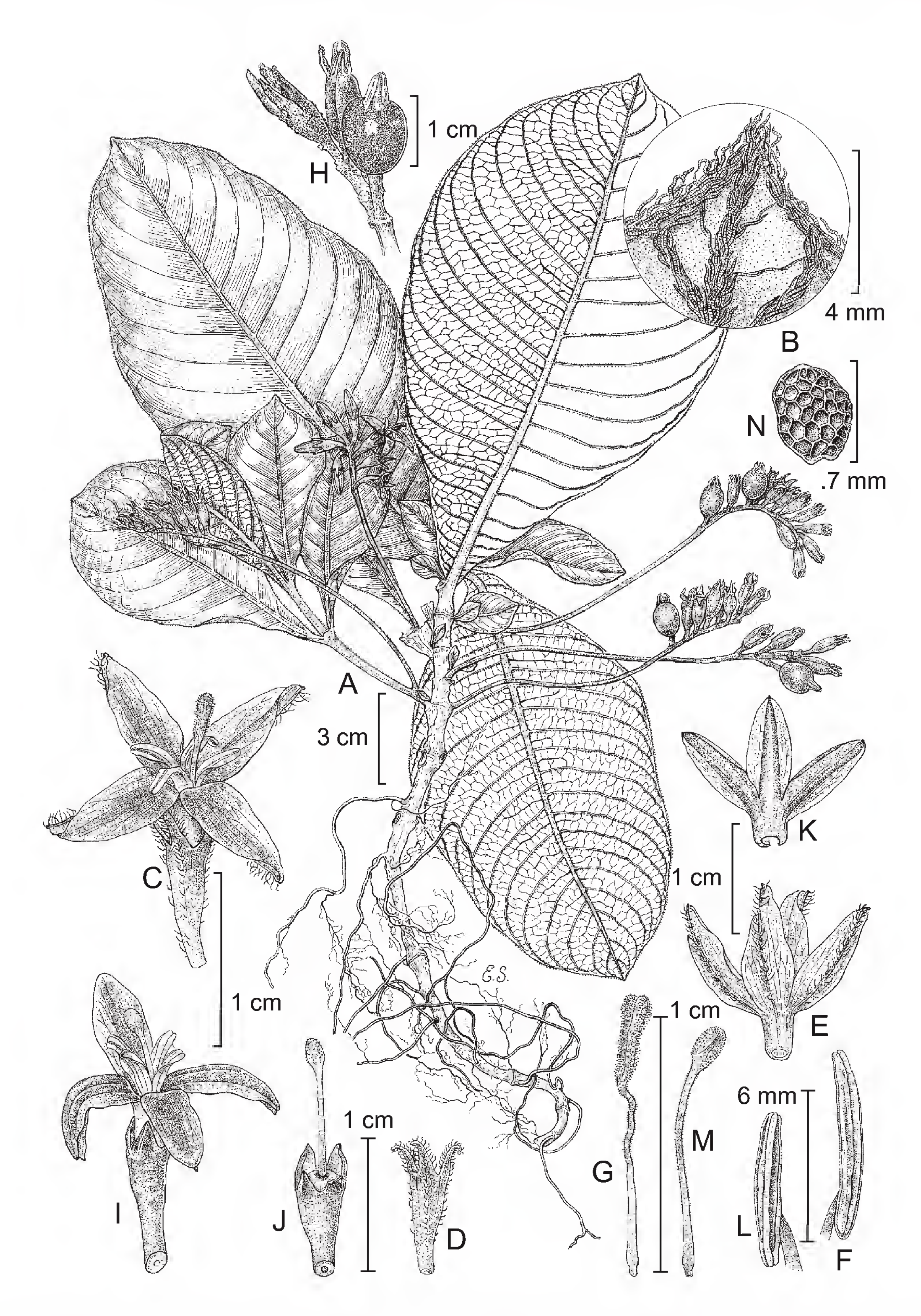


Fig. 1. *Hoffmannia rzedowskiana*. A. hábito de la planta; B. detalle de la pubescencia en los nervios principales del envés de la hoja; C. flor; D. cáliz de la flor; E. detalle de la flor; F. antera del estambre; G. estilo con estigma linear; H. detalle de infrutescencia; dibujos basados en ejemplares de *A. Gómez-Pompa 5467, 5372. J. Martínez-García et al. 78. G. Castillo C. y L. Aragón A. 27618, 27621, 27624, 27631. Hoffmannia discolor*. I. flor; J. cáliz y ovario con estilo; K. detalle de la flor; L. antera del estambre; M. estilo con estigma capitado; dibujos basados en el ejemplar de *G. Castillo C. y L. Aragón A. 27617*; N. semilla de *H. rzedowskiana*.



Fig. 2. A, C, E. *Hoffmannia discolor* (Lem.) Hemsl., B, D, F, *Hoffmannia rzedowskiana* Cast.-Campos, Bautista-Bello y Lorence. A. hábito, mostrando hojas con nervaduras de color blanco-metálico en el haz, pecíolos de color rosa o rojo claro y el arreglo de los frutos en la infrutescencia; B. hábito, mostrando hojas con nervaduras y sin pecíolos, hojas jóvenes de color rojo claro (a) y la infrutescencia con frutos inmaduros (b). C, D. inflorescencia; E. flor con estigma capitado; F. flor con estigma linear.

de Monterrey, 17.2 km al S de Álamo, 3.2 km al S de Allende, *T. B. Croat & D. P. Hannon 65527* (MEXU) (probablemente corresponde a una localidad equivocada). **Oaxaca**: Mpio. San Felipe de Usila, 4.4 km en línea recta al SE de Santa Cruz Tepetotutla, *C. Gallardo H. 1340* (MEXU); Nuevo Santa Flora, *A. Ma. Hanan A. 781* (MEXU); Mpio. San Juan Bautista Valle Nacional, 18 km al S de San Mateo de Yetla, *R. Grether 1922* (MEXU); loc. cit., Valle Nacional, *F. Miranda 1145* (MEXU); Metates 3 km al SW o 88 km al NE de Ixtlán carretera Oaxaca - Tuxtepec, *R. Torres C. 16700* (MEXU); Mpio. San Juan Quiotepec, Sierra de Juárez, *R. Cedillo T. 1657* (MEXU); 31 km al S de Valle Nacional camino a Oaxaca, *E. Martínez S. 8729* (MEXU); Mpio. San Pedro Teutila, Torre 130 de la L. T. Temascal 11 Oaxaca localidad El Faro, *G. Juárez G. 1131* (MEXU); Mpio. Santiago Comaltepec, 3 km en línea recta al SW de La Esperanza, *G. Ibarra Manríquez et al. 3893* (MEXU, XAL); distrito de Ixtlán Sierra de Juárez ruta 175 Tuxtepec a Oaxaca, 2.5 km al NE de Puerto Eligio, *D. H. Lorence 4252* (MEXU, XAL); carretera Oaxaca - Tuxtepec aproximadamente a 12 km SW del Valle Nacional y 3 km al NE de San Martín Soyolapam, *H. Ochoterena 474* (MEXU); cerca de Puerto Eligio, *J. Rzedowski 32976* (ENCB); el río del puente colgante Vista Hermosa camino al campamento, 48.8 km al SO del Valle Nacional, *R. Torres C. 11635* (MEXU); Vista Hermosa, 26.6 km al SO del Valle Nacional, *11408* (MEXU, XAL); Mpio. Totontepec Villa de Morelos, camino real de Tiltepec a Tierra Caliente, *J. C. Flores V. 88* (MEXU); camino real de Tiltepec a Tierra Caliente, *J. Rivera H. 2037, 2047* (MEXU). **Veracruz**: Mpio. Catemaco, lado SE de laguna Catemaco arriba del río Cuetzalapan, *J. H. Beaman 5166* (XAL); al lado N del ejido La Perla de San Martín, a 15 km al N de Catemaco, *J. H. Beaman 5828* (F, MO); entre Bastonal y Arroyo Claro, 14 km al E del lago Catemaco, *J. H. Beaman 6103* (F, MEXU); ladera S del cerro Gegal, al N del rancho Los Naranjos entrada por la carretera Catemaco - Dos Amantes, *J. I. Calzada 11577* (XAL); km 8 de Bastonal a La Azufrera, *G. Castillo-Campos 5019* (XAL); cerro El Gegal, N de Catemaco, camino a La Perla de San Martín, *G. Castillo-Campos et al. 4442* (XAL); Catemaco, cerro Gegal, camino al volcán San Martín, *R. Cedillo T. 3161* (MEXU, XAL); 3 km antes del Bastonal sobre la carretera que va de Catemaco al Bastonal, *G. Cortés R. 32* (XAL); Bastonal Sierra Santa Martha, road 14 km E of lago Catemaco, *A. L. Gentry et al. 32427* (MO); along dirt road 13 km E of Tebanca, 13 km E of east side of lago Catemaco, *M. Nee & B. F. Hansen 18793* (F, XAL); along dirt road 7.2 km E of Tebanca (7.2 km E of east side of lago Catemaco), 2.6 km W of Bastonal, *M. Nee & G. Schatz 19945* (F, XAL); cumbre de Bastonal, *F. Ponce & R. Cedillo T. 20* (XAL); cerro El Coyolar, 8 km al N de Catemaco, *A. Rincón G. 2091* (XAL); at highest point

on road from Catemaco to Sontecomapan, 5 km N of jct. with road around lago Catemaco, 8 km (by air) NE of Catemaco, *G. Schatz & M. Nee 240* (F, XAL); Dos Amantes cerro de Chochobi, *B. Senterre & M. Parvais 4371* (XAL); Bastonal 12 km NE de Catemaco, camino Catemaco - Tebanca, *S. Sinaca C. 159* (MEXU, XAL); Pipiapan, *F. Ventura A. 12181* (XAL); Mpio. San Andrés Tuxtla, estación de biología tropical Los Tuxtlas, *R. Cedillo T. 65* (MEXU, XAL); cima del Vigía, estación biológica tropical de Los Tuxtlas, *R. Cedillo T. 2574* (MEXU, MO, XAL); La Sabana, camino al volcán San Martín Tuxtla, *R. Cedillo T. 2997* (MO); estación de biología Los Tuxtlas, *R. Hernández M. 1263* (F, MEXU, XAL); Zacatal, 5 km NW de la estación de biología tropical Los Tuxtlas, *G. Ibarra M. & S. Sinaca C. 1031* (MO, XAL); 300 m antes del ejido Laguna Escondida, *J. Martínez García et al. 78* (XAL); volcán San Martín, *L. I. Nevling & A. Gómez-Pompa 2532* (F); faldas del volcán de San Martín, *A. Rincón G. 2367* (XAL); lindero que separa la comunidad Tonalli del ejido de Santa Rosa Abata, *A. Rincón G. et al. 2382* (XAL); estación de biología UNAM, Montepío, *M. Rosas R. 1222* (MEXU, XAL); lote 71, estación de biología tropical Los Tuxtlas, *S. Sinaca C. et al. 523* (CHAPA, MEXU, XAL); El Vigía de Santiago Tuxtla, *M. Sousa P. 2856* (MEXU, XAL); Mpio. Santiago Tuxtla, El Aguaje, camino para el volcán de San Martín Tuxtla, lado S, *J. I. Calzada 10683* (XAL); Mpio. Soteapan, El Bastonal - Santa Martha, *A. Gómez-Pompa 5166* (XAL); camino Bastonal a Santa Martha, *A. Gómez-Pompa & W. Márquez 5467* (XAL); camino Bastonal a Santa Martha, *A. Gómez-Pompa et al. 5372* (XAL), *5380* (XAL), *5405* (F, XAL); camino de Tebanca a Bastonal cumbres del Bastonal, al SE del lago de Catemaco, *D. H. Lorence 4142* (MEXU); km 3, cerca del volcán de Santa Marta, *M. Nee et al. 24678* (F, XAL); cerca del volcán de Santa Marta en las faldas, *R. Ortega O. et al. 1124* (XAL), *1125* (F, XAL), *1147* (XAL); *F. Ramírez R. 707* (XAL); Mpio. Tatahuicapan, volcán de San Martín Pajapan, al S del ejido La Valentina, *J. I. Calzada 11000* (XAL), Mpio. Uxpanapa, arroyo Zarco 15 km al sur de La Laguna, *G. Castillo-Campos 27624* (XAL, XALU), *27631* (XAL, XALU); N side of río Solosúchil, 2-3 km SE of Agustín Melgar, *M. Nee & K. Taylor 29954* (MO, XAL); Uxpanapa, *J. Rivera H. 1227* (MEXU); lomas al S del Poblado 11, 27 km al E de La Laguna, *T. Wendt 3392* (CHAPA). **NICARAGUA**. Región Autónoma Atlántico Norte, Costado del sur del cerro La Pimienta y norte del cerro Hormiguero, *A. Grijalva 30* (ENCB); Mpio. Ometepec, isla de Ometepec, falda W de volcán Maderas, *J. C. Sandino 946* (ENCB).

Fenología. *Hoffmannia rzedowskiana* florece de marzo a julio y fructifica de agosto a febrero.

Distribución y hábitat. Es un taxon de la selva alta perennifolia y del bosque mesófilo de montaña con distribución aparentemente disyunta en México en los estados de Chiapas, Oaxaca y Veracruz (principalmente de Los Tuxtlas y Uxpanapa en el sur de Veracruz) y en Nicaragua (Ometepec). La colecta de *Croat y Hannon 65527* de Nuevo León probablemente tenga la información de la etiqueta equivocada, porque es una localidad muy al norte con muy pocas probabilidades de que ahí se encuentre *H. rzedowskiana*. También se han registrado dos colectas de Chiapas, previamente identificadas como *H. bullata* y luego como *H. discolor*, en realidad pertenecen a *H. rzedowskiana*. Aunque Borhidi (2006) ha considerado a *H. bullata* como sinónimo de *H. discolor,* sin embargo, las diferencias de los caracteres de los tres taxa es marcada (Cuadro 1).

Etimología. El epíteto está dedicado al Dr. Jerzy Rzedowski por su gran contribución a la botánica mexicana.

Hoffmannia rzedowskiana está relacionada con *H. discolor.* Sin embargo, esta última difiere por tener hojas pecioladas, glabras, de 8.5-23.0 cm de longitud y 5.0-8.5 cm de ancho, con 9-14 pares de nervios laterales, glabros, blancos en el haz, flores glabras y estigma capitado. También está relacionada con *H. bullata* L.O. Williams, especie de Centroamérica que difiere por tener hojas de superficie ampollosa, con 8-16 pares de nervios laterales tomentulosos a glabrescentes en el envés.

Hoffmannia rzedowskiana es una especie simpátrica con *H. discolor.* Ambas crecen en el sotobosque herbáceo de la selva alta perennifolia en la zona de Uxpanapa (Arroyo Zarco y el Río Solosúchil), en áreas bien conservadas, en altitudes variables de 100 a 700 m. En la región de Los Tuxtlas se ha registrado a *H. rzedowskiana* entre los 100 y los 1800 m de altitud, se puede localizar en ambientes perturbados o acahuales derivados de la selva alta perennifolia y del bosque mesófilo de montaña sensu Rzedowski (1978). Las dos zonas tienen un clima tropical lluvioso, con temperatura media anual del mes más frío mayor a 18°C (García, 1988). En la selva alta los árboles con frecuencia registrados son *Cedrela odorata* L., *Dialium guianense* (Aubl.) Sandwith, *Guarea glabra* Vahl, *Guarea tonduzii* C. DC., *Guatteria* spp., *Lonchocarpus* spp., *Poulsenia armata* (Miq.) Stand., *Pouteria* spp., *Pterocarpus* spp., *Quararibea funebris* (La Llave) Vischer, *Rinorea guatemalensis* (S. Watson) Bartlett. En el estrato arbustivo los taxa más comunes son *Ardisia pellucida* Oerst., *Leandra dichotoma* (Pav. ex D. Don) Cogn., *Neea psychotrioides* Donn. Sm., *Psychotria elata* (Sw.) Hammel, *Psychotria deflexa* DC. El estrato herbáceo está caracterizado por *Anthurium pedatoradiatum* Schott, *Aphelandra aurantiaca*

(Scheidw.) Lindl., *Begonia pustulata* Liebm., *Blechnum schiedeanum* (Schltdl. ex C. Presl) Hieron., *Chamaedorea elatior* Mart., *Hoffmannia discolor* (Lem.) Hemsl. y *Reinhardtia gracilis* (H. Wendl.) Drude ex Dammer. Aunque son simpátricos, en los ejemplares vivos extraídos de la misma localidad y depositados en el vivero se observó una asincronía en la floración, ambos con un intervalo de tiempo de un mes entre los dos taxa. *Hoffmannia rzedowskiana* floreció primero y posteriormente *H. discolor*. También es necesario mencionar que *H. rzedowskiana* es más tolerante a la luz directa que *H. discolor*, inclusive con la insolación se incrementa el color ferrugíneo de las hojas y las plantas se observan más robustas en la vegetación perturbada o acahuales. *Hoffmannia discolor* es más sensible a la iluminación directa y solo se encuentra bajo el dosel de la selva primaria o en buen estado de conservación.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro más sincero agradecimiento al Dr. J. Rzedowski por sus atinados comentarios, a Edmundo Saavedra por la elaboración de las dos ilustraciones y a Lamberto Aragón A., Ma. Elena Medina A. y a Jesús Pale P. por su apoyo de campo. A los curadores de los herbarios CHAPA, ENCB, F, MEXU, MO, XAL y XALU por permitirnos revisar las colecciones. A los revisores anónimos se reconocen sus observaciones, gracias a las cuales logramos mejorar esta contribución. Este trabajo se desarrolló con el apoyo del Instituto de Ecología, A.C. (902-10/134 GCC).

LITERATURA CITADA

Borhidi, A. 2006. Rubiáceas de México. Académiai Kiadó. Budapest, Hungría. 512 pp.

Borhidi, A. 2012. Rubiáceas de México. Académiai Kiadó. Budapest, Hungría. 608 pp.

Burger, W.C. 1999. Two new species of *Hoffmannia* (Rubiaceae) from Panama, with remarks on the circumscription of Mesoamerican species of the genus. Novon 9: 13-17.

Burger, W. C. y C. M. Taylor. 1993. Rubiaceae. In: Burger, W. C. (ed.). Flora Costaricensis. Fieldiana, Bot. n.s. 33: 1-333.

Burger, W. C. y C. M. Taylor. 2012. *Hoffmannia* Sw., Rubiaceae a Verbenaceae. In: Davidse, G. M., M. Sousa, S. Knapp y F. Chiang (eds.). Flora Mesoamericana 4(2): 1-533.

Dwyer, J. D. 1969. The genus *Hoffmannia* (Rubiaceae) in Panama. Ann. Missouri Bot. Gard. 56: 269-286.

Dwyer, J. D. 1980. Rubiaceae. In: Woodson, R. E. y R. W. Schery (eds.). Flora of Panama. Ann. Missouri Bot. Gard. 67: 1-522.

García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Edit. Offset Larios. México, D.F., México. 252 pp.

González Arce, L. y L. Poveda Álvarez. 2004. *Hoffmannia stephaniae* (Rubiaceae), una nueva especie de Costa Rica. Lankesteriana 4(3): 183-185.

Kiehn, M. 1995. Chromosome survey of the Rubiaceae. Ann. Missouri Bot. Gard. 82: 398-408.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México, D.F., México. 383 pp.

Standley, P. C. 1934. Rubiaceae. In: North American Flora 32(3-4): 159-300.

Standley, P. C. y L. O. Williams. 1975. Rubiaceae. In: Flora of Guatemala. Fieldiana, Bot. 24(11): 1-274.

Taylor, C. M. y R. E. Gereau. 2011. Rubiacearum Americanarum magna hama pars XXVI: New species of *Hoffmannia* (Hamelieae) and more comments on the genus. Novon 21: 94-117.

Williams, L. O. 1973. *Hoffmannia* from Mexico and Central America. Fieldiana, Bot. 36(6): 51-60.

Recibido en mayo de 2013.

Aceptado en abril de 2014.



Acta Botanica Mexicana 108: 51-66 (2014)

CONSIDERACIONES TAXONÓMICAS DE *YUCCA QUERETAROENSIS* PIÑA (AGAVACEAE), UNA ESPECIE ENDÉMICA DEL SEMIDESIERTO QUERETANO-HIDALGUENSE

Fabiola Magallán-Hernández[1,3,4], Beatriz Maruri-Aguilar[1], Emiliano Sánchez-Martínez[1], Luis Hernández-Sandoval[2], Judith Luna-Zúñiga[2] y Mario Robledo-Mejía[1]

[1]Jardín Botánico Regional de Cadereyta "Ing. Manuel González de Cosío", camino a la Antigua Hacienda de Tovares, s/n., Ejido de Fuentes y Pueblo Nuevo, 76500 Cadereyta de Montes, Querétaro, México.
[2]Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales, Av. de las Ciencias s/n 76230 Juriquilla, Querétaro, México.
[3]Universidad Autónoma de Querétaro, Posgrado en recursos bióticos. Av. de las Ciencias s/n 76230 Juriquilla, Querétaro, México.
[4]Autor para la correspondencia: carfabios@yahoo.com.mx

RESUMEN

Yucca queretaroensis es una especie endémica de la región denominada "Semidesierto Queretano-Hidalguense" en los estados de Guanajuato, Querétaro e Hidalgo, México. Se considera rara por su baja densidad poblacional, distribución restringida y su especificidad de hábitat, además de estar en la Norma Oficial Mexicana como sujeta a protección especial (Pr). Al momento de su descripción como nueva especie fue ubicada en la serie *Rupicolae*, sección *Chaenocarpa*. La siguiente propuesta la situó en la serie *Gracilifoliae*, sección *Yucca*. Ninguno de los dos planteamientos toma en cuenta la posición filogenética de la especie y tampoco contiene información morfológica completa. Los objetivos de este trabajo fueron proporcionar una descripción completa de la especie, incluyendo frutos y semillas; elaborar la ilustración botánica; compilar y discutir su historia taxonómica y presentar una propuesta sobre su posición taxonómica con base en la información morfológica y los estudios filogenéticos previos. Se propone ubicar a *Yucca queretaroensis* Piña en la serie *Treculeanae*, sección *Yucca* (ex *Sarcocarpa*) sensu McKelvey.

Palabras clave: endemismo, especie rara, México, *Treculeanae*, *Yucca queretaroensis*.

ABSTRACT

Yucca queretaroensis is an endemic species of the semiarid zone of Querétaro, Guanajuato and Hidalgo, Mexico. Due to its small population size, restricted distribution and habitat specificity, it is considered rare. This species is listed in the Mexican Official Standard as subject to special protection. When *Y. queretaroensis* was described as new species, it was placed within series *Rupicolae*, section *Chaenocarpa*. A subsequent treatment placed it in series *Gracilifoliae*, section *Yucca*. However, neither of these treatments considered phylogenetic information nor provided a full morphological description of the species. Our goals are to complement the original description of the species including the fruits and seeds; to elaborate a botanical illustration; to compile and discuss the taxonomic history of the species and propose its new taxonomic position, based on morphological and phylogenetic information. We propose to move *Y. queretaroensis* into series *Treculeanae*, section *Yucca* (ex *Sarcocarpa*) sensu McKelvey.

Key words: endemism, Mexico, rare species, *Treculeanae*, *Yucca queretaroensis*.

INTRODUCCIÓN

El género *Yucca* está conformado por 49 especies, 29 de las cuales se encuentran dentro del territorio mexicano, su distribución se extiende desde los límites entre Canadá y Estados Unidos hasta Centroamérica (Rocha et al., 2006). Su clasificación, al igual que en otros grupos de plantas, ha tenido varios cambios desde sus primeras propuestas (Engelmann, 1873; Trelease, 1902; Sargent, 1905), todas ellas basadas principalmente en caracteres florales y del fruto (Matuda y Piña, 1980). Uno de los estudios más consistentes fue llevado a cabo por McKelvey (1938, 1947), quien estudió a las yucas del suroeste de Estados Unidos y propuso una clasificación infragenérica con base en las características de frutos, flores e inflorescencias. McKelvey (1938, 1947) dividió el género en cuatro secciones y nueve series. El tipo de fruto es el principal carácter para la separación de las secciones: en *Clistocarpa* los frutos son esponjosos, indehiscentes; en *Sarcocarpa* son carnosos, indehiscentes; en *Chaenocarpa* son secos, dehiscentes, septicidas, y en *Hesperoyucca* son secos, dehiscentes, loculicidas. En la sección *Sarcocarpa*, McKelvey (1938, 1947) separó las series *Baccatae*, *Faxonianae* y *Treculeanae* con base en el tamaño del gineceo y forma de vida de las especies; en *Baccatae* y *Faxonianae* el primero es mayor de 4.5 cm y en *Treculeanae* menor de 4.5 cm.

En la sección *Chaenocarpa* separó las series *Arkansanae*, *Constrictae, Elatae*, *Harrimaniae* y *Glaucae* con base en los márgenes de las hojas y las características del gineceo (tamaño, forma y color). Matuda y Piña (1980) siguieron la clasificación de McKelvey (1938, 1947) para las especies de *Yucca* en México (Cuadro 1). En un estudio sobre la filogenia y biogeografía del género *Yucca*, Clary (1997), considerando el Código Internacional de Nomenclatura Botánica (Greuter et al., 1994), renombró la sección *Sarcocarpa* como sección *Yucca*. Posteriormente, Clary (2001) propuso la reubicación de la sección *Hesperoyucca* como género distinto de *Yucca*, usando como base caracteres morfológicos, fenológicos y del polinizador, así como consideraciones biogeográficas y análisis de ADN. Por otro lado, Hochstätter (2003) dividió la serie *Treculeanae* sensu McKelvey en dos: *Treculianae* y *Yucca*, distinguiéndolas por las características de los márgenes de las hojas.

Yucca queretaroensis Piña es una especie endémica del centro de México que se encuentra sujeta a protección especial (Pr) de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anónimo, 2010). Debido a su rareza biológica (Magallán et al., 2013a), su estatus de riesgo y su demanda en el comercio internacional (Anónimo, 2009), en 2013 ingresó al Apéndice II de CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) con el objetivo de reglamentar su comercio y evitar que ejemplares adultos sean recolectados en el medio silvestre (Anónimo, 2013). Una evaluación reciente a través del Método de Evaluación del Riesgo de extinción de plantas en México (MER) (Anónimo, 2010) ubicó a la especie en peligro de extinción (P) (Magallán et al., 2013b).

La descripción original de *Yucca queretaroensis* (Piña, 1989) no incluye el fruto y dado que la clasificación del género se basa principalmente en las características de éste, la ubicación taxonómica de la especie no había sido definida adecuadamente. Los objetivos del presente trabajo son elaborar una descripción completa de la planta, proporcionar una ilustración botánica, compilar y discutir su historia taxonómica y presentar una propuesta sobre su posición taxonómica con base en la información morfológica y los estudios filogenéticos recientes.

MÉTODOS

Se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva y análisis de la bibliografía sobre taxonomía publicada acerca de *Y. queretaroensis* y el género *Yucca*. Se revisaron ejemplares de herbario para obtener datos sobre la morfología de la especie en los

Cuadro 1. Clasificación del género *Yucca* en México (Matuda y Piña, 1980), con base en la propuesta de McKelvey (1938-1947).

Sección	Serie	Especie
Frutos indehiscentes		
Sarcocarpa	*Faxonianae*	*Y. carnerosana*
		Y. faxoniana
	Baccatae	*Y. baccata*
		Y. endlichiana
		Y. grandiflora
		Y. arizonica
	Treculeanae	*Y. treculeana*
		Y. torreyi
		Y. schidigera
		Y. schottii
		Y. madrensis
		Y. jaliscensis
		Y. periculosa
		Y. decipiens
		Y. valida
		Y. potosina
		Y. filifera
		Y. elephantipes
		Y. aloifolia
		Y. lacandonica
Clistocarpa		*Y. brevifolia*
Frutos dehiscentes		
Hesperoyucca		*Y. whipplei*
		Y. peninsularis
Chaenocarpa	*Rupicolae*	*Y. rupicola*
		Y. reverchoni
		Y. coahuilensis
		Y. rigida
		Y. rostrata
		Y. thompsoniana
	Elatae	*Y. elata*

siguientes herbarios: Herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional (ENCB), Herbario del Instituto de Ecología A.C., Centro Regional Bajío (IEB), Herbario Nacional de México, Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (MEXU) y Herbario de la Escuela de Biología de la Universidad Autónoma de Querétaro (QMEX). Se hicieron salidas de campo para observar y analizar caracteres morfológicos. Se depositaron ejemplares de referencia en QMEX. Se complementó la descripción de *Y. queretaroensis*, tomando como base lo expuesto por Piña (1989). Se colectaron hojas de *Y. queretaroensis* y *Y. linearifolia* Clary, para hacer observaciones de cortes transversales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Yucca queretaroensis Piña. Cact. Suc. Mex. 34(3): 51-56. 1989. Fig. 1.

Tipo: MÉXICO. Querétaro, municipio de Pinal de Amoles, 5 km al norte del poblado de Bucareli, 9 abril 1989, *I. Piña Luján s/n* (holotipo: MEXU 472851; isotipos: ENCB, IZTA).

Plantas policárpicas, arborescentes, de (2-)3-6 m de alto, tallos monopódicos con una roseta terminal y ocasionalmente tallos ramificados hasta con cuatro rosetas terminales; forman colonias rizomatosas hasta de 30 individuos de diferentes tamaños. Tallos cilíndricos, generalmente cubiertos por hojas secas persistentes, 20-40(-60) cm de diámetro a la altura del pecho. Rosetas de forma esférica hasta con 1500 hojas en individuos maduros, sin incluir las hojas secas persistentes del tallo. Hojas de 45-75(-115) cm de largo por 0.2-0.5 cm de ancho en su porción media, con la base ensanchada de 1.5-2.5 cm, lineares, flexibles, de color verde claro, lisas al tacto, superficie pulverulenta, quilladas, con papilas a todo lo largo de las quillas; en sección transversal las hojas frescas son biconvexas en toda su longitud, mientras que las hojas secas son romboidales; márgenes rectos, hialinos, serrulados; ápice largamente atenuado, espina terminal de 0.2-0.5(-0.8) cm de largo, cónica, café-rojiza, angulosa. Panícula de 60-100 cm de largo, elíptica (Fig. 2), la parte floral cubre 90% del largo de la inflorescencia, con 120-140 ramillas, erecta, sobresaliendo de la roseta, densa, base del pedúnculo 4-5(-7) cm de diámetro; ramillas de la inflorescencia de 14-16 cm en la parte media, reduciéndose hasta 7-8 cm en el ápice, adpresas en la base, pulverulentas, con 4-10 flores por ramilla. Flores de 2.2-3.6 cm de largo, campanuladas a globosas, péndulas,

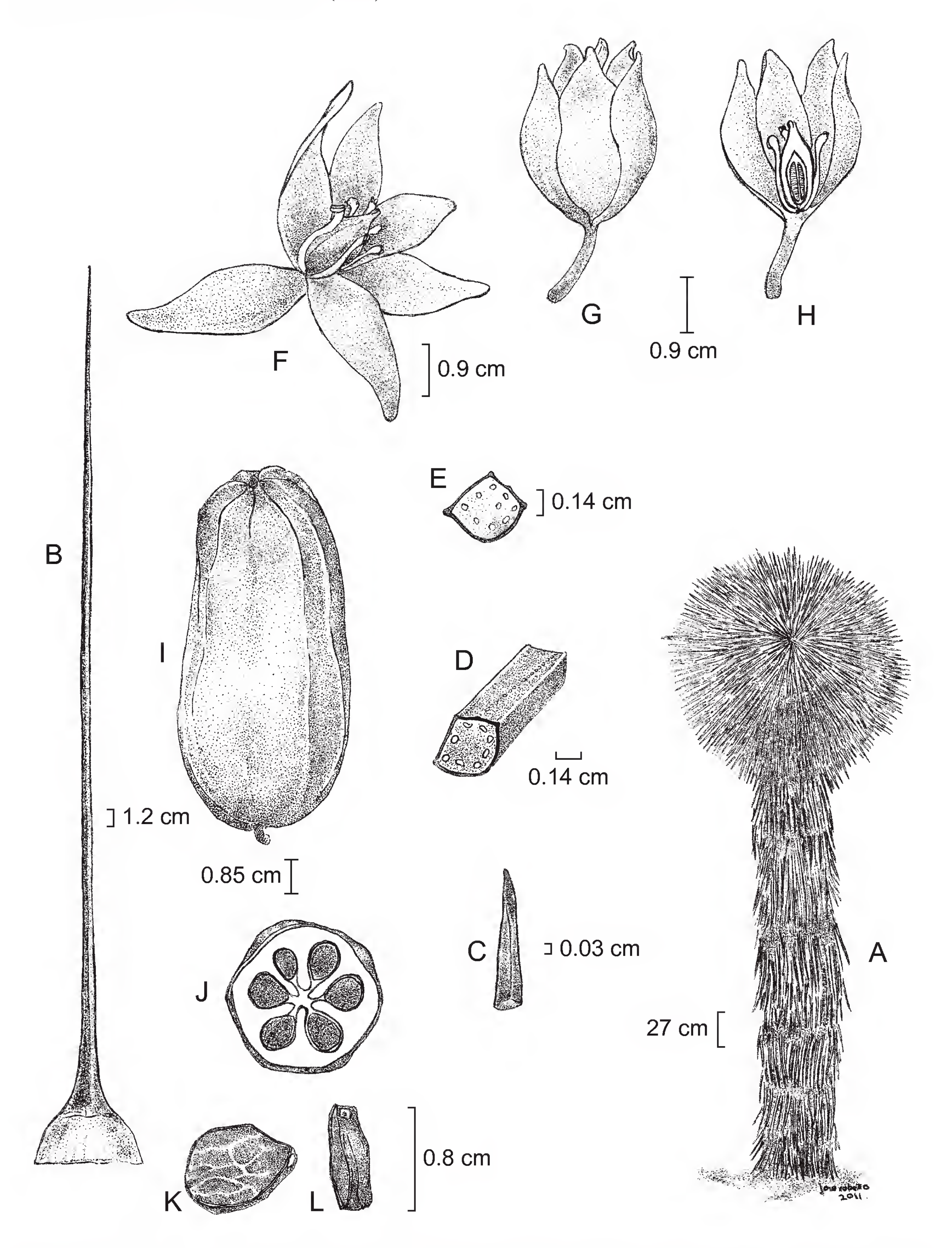


Fig. 1. Ilustración de *Yucca queretaroensis* Piña. A. hábito; B. hoja; C. ápice de la hoja con espina terminal; D. corte de la porción central de la hoja; E. sección transversal de la hoja; F. flor abierta; G. flor cerrada; H. sección longitudinal de la flor; I. fruto carnoso e indehiscente; J. sección transversal del fruto; K. semilla mostrando superficie ruminada; L. vista lateral. Ilustración: R. Martínez.



Fig. 2. Panícula de *Yucca queretaroensis*. Foto: F. Magallán.

blanquecinas; pedicelos de 1.3-2 cm; tépalos dimórficos, los externos de 2.8-3.6 cm de largo por 1.0-1.2 cm de ancho, lanceolados, con ápice obtuso o truncado, glabros, los internos de 2.3-3 cm de largo por 1.2-1.4 cm de ancho, elípticos, con ápice agudo, incurvados, glabros; estambres unidos únicamente en la base del perianto, de 1.3-1.5 cm de largo, filamentos reflexos, clavados, papilosos; anteras de 2-3 mm, sagitadas; pistilo de 1.4-2 cm de largo por 0.6-0.8 cm de diámetro, cilíndrico, verde pálido, con suturas carpelares profundas, ovario súpero, elíptico, cónico hacia el estilo, el cual es tubular, estigma trilobado, con los tres lóbulos retusos. Frutos de 7.5-9.8(-11.5) cm de largo por 3-3.9(-4.5) cm de diámetro, cilíndricos, carnosos, indehiscentes, péndulos, de color verde (Fig. 3). Semillas con diferentes formas dependiendo de su ubicación en el fruto, en el centro son planas, ovadas u ovaladas, hacia los ápices son esféricas o lacrimiformes, de 6.3-9.1(-11) mm de largo, 5.3-10.1 mm de ancho y 2-3(-6) mm de grosor, de color negro y con testa ruminada (Fig. 4).

Distribución. *Yucca queretaroensis* es una especie endémica del centro de México, se distribuye de manera discontinua en los estados de Guanajuato, Querétaro e Hidalgo, en seis municipios: Xichú (Guanajuato); Cadereyta, San Joaquín y Pinal de Amoles (Querétaro); Pacula y Zimapán (Hidalgo). Se encuentra asociada a la re-



Fig. 3. Frutos de *Yucca queretaroensis.* Foto: F. Magallán.



Fig. 4. Formas y testa de la semilla de *Yucca queretaroensis.* Foto: B. Hernández.

gión natural denominada "Semidesierto Queretano-Hidalguense". Se considera que la especie tiene un área de distribución restringida (Magallán-Hernández et al., 2013).

Hábitat. La especie se desarrolla en laderas de cañones, fuertemente asociada a escurrimientos de agua, preferentemente en terrenos con orientación NW y pendientes de 40-70° con forma de terrazas o con inclinación uniforme. Se encuentra en suelos predominantemente calizos, su intervalo altitudinal es de 986 a 1800 m, pero

se concentra entre los 1000-1340 m. Se asocia exclusivamente a vegetación de tipo matorral submontano de dosel abierto, con 30 a 40% de cobertura, y con composición florística similar en todas las localidades de distribución. No se registra necesidad de nodriza para su desarrollo, más bien la especie sirve como tal para varias especies. Estudios recientes sobre las características de su hábitat consideran que *Yucca queretaroensis* presenta especificidad en su hábitat (Magallán-Hernández et al., 2013).

Ejemplares adicionales examinados. MÉXICO. Querétaro, Pinal de Amoles: km 18 del Puerto de Tejamanil a Bucareli, 21°02' N, 99°36' W, 24 julio 1997, *F. Magallán 83* (ENCB, IEB, MEXU, QMEX); cerro frente al banco de roca, 21°02.211' N, 99°35.205' W, 11 abril 2003, *L. Hernández 5077* (IEB, QMEX); Cadereyta: Jardín Botánico Regional de Cadereyta, 20°41'13.8" N, 99°48'17.5" W, 10 junio 2010, *F. Magallán y col. 363* (QMEX); Jardín Botánico Regional de Cadereyta, 20°41'14.4" N, 99°48'16.4" W, 2 agosto 2011, *F. Magallán y col. 411* (QMEX); Jardín Botánico Regional de Cadereyta, 20°41'14.4" N, 99°48'16.4" W, 2 agosto 2011, *F. Magallán y col. 412* (QMEX). Guanajuato, Xichú: 7.7 km al E de Xichú, 21°20'42" N, 100°01'14" W, 21 noviembre 2009, S. *Zamudio y J. Ramírez 14684* (IEB); camino a Adjuntas de Xichú, 21°18'10.6" N, 100°02'41.3" W, 6 abril 2012, *F. Magallán y col. 452* (QMEX). México, D.F., Jardín Botánico del Instituto de Biología de la UNAM, 30 abril 2007, *A. García-Mendoza 6485* (MEXU).

Discusión. *Yucca queretaroensis* fue descubierta y descrita en 1989 por Ignacio Piña, de una localidad en el municipio de Pinal de Amoles, Querétaro, México, por lo que la consideró una especie endémica del estado. En su descripción se omitieron las características del fruto y de las semillas debido a que no fueron observadas y el autor se basó en las hojas, flores y hábitat para ubicarla dentro de la serie *Rupicolae*, sección *Chaenocarpa* (Piña, 1989). Posteriormente, Piña (1990) mencionó nuevas localidades de distribución en Querétaro e Hidalgo, anexó la foto de un ejemplar de herbario y aportó datos de medidas del fruto y las semillas, sin mencionar el tipo de fruto y dehiscencia. Tampoco discutió una posible reubicación de la especie en otra sección del género.

Su ubicación dentro de la serie *Rupicolae* permaneció sin cambios (Piña, 1989, 1990; Hochstätter, 2004) hasta que Hochstätter (2008) publicó el hallazgo en campo de plantas con frutos y aportó características y medidas de los mismos y de semillas. El aspecto más sobresaliente de este hallazgo fue que *Y. queretaroensis* no presenta frutos dehiscentes, como se había creído desde su descubrimiento,

sino carnosos indehiscentes, por lo que la ubicó en la sección *Yucca*, serie nueva *Gracilifoliae*, basada exclusivamente en los caracteres morfológicos mencionados en el Cuadro 2, la cual estaría conformada solo por *Y. queretaroensis* y *Yucca linearifolia* Clary.

No fue posible corroborar todos los caracteres morfológicos mencionados por Hochstätter (2008) para crear la nueva serie *Gracilifoliae*. El concepto "root system rhizomatous" usado por el autor probablemente se refiere al sistema de rizomas mediante el cual las plantas se reproducen asexualmente, generando rametos. Tal reproducción por medio de rizomas es común en la familia Agavaceae y en el género *Yucca* se ha registrado en varias especies, por ejemplo en *Yucca cernua* Keith (Keith, 2003) y *Y. mixtecana* (García-Mendoza, 1998), por lo que no se trata de un carácter distintivo de la serie *Gracilifoliae*. En cuanto a la forma de las hojas frescas en sección transversal, Hochstätter (2008) indica que ambas especies la tienen cuadrada. Sin embargo, en *Y. queretaroensis* es biconvexa o romboide en toda su longitud (Fig. 5), mientras que en *Y. linearifolia* es romboide desde la base hasta aproximadamente la mitad de la hoja (Fig. 6) y es plana de la parte media hacia el ápice (Clary, 1995). El color marrón-verdoso de los frutos en la madurez se observa en otras especies del género *Yucca*, por lo que tampoco es un carácter distintivo. Los

Cuadro 2. Caracteres morfológicos usados por Hochstätter (2008) para proponer la nueva ser. *Gracilifoliae* y revisión para el presente estudio.

Carácter	Descripción (Hochstätter, 2008)	Revisión actual
Rizoma	sistema rizomatoso	no exclusivo de la serie
Hojas	delgadas y flexibles	corroborado
	cuadradas en sección transversal	no corroborado
	muy delgadas	corroborado
Fruto	carnoso	no exclusivo de la serie
	cuando maduran, la superficie es áspera de color marrón-verdoso	no exclusivo de la serie
	no pegajoso	pegajoso
Semillas	variables	corroborado
	rotundas (redondeadas)	de diferentes formas
	6 mm de largo y ancho, 1 a 2 mm de grueso	no corroborado
	superficie fuertemente estriada	corroborado
	células de la testa convexas	no se revisó en este estudio

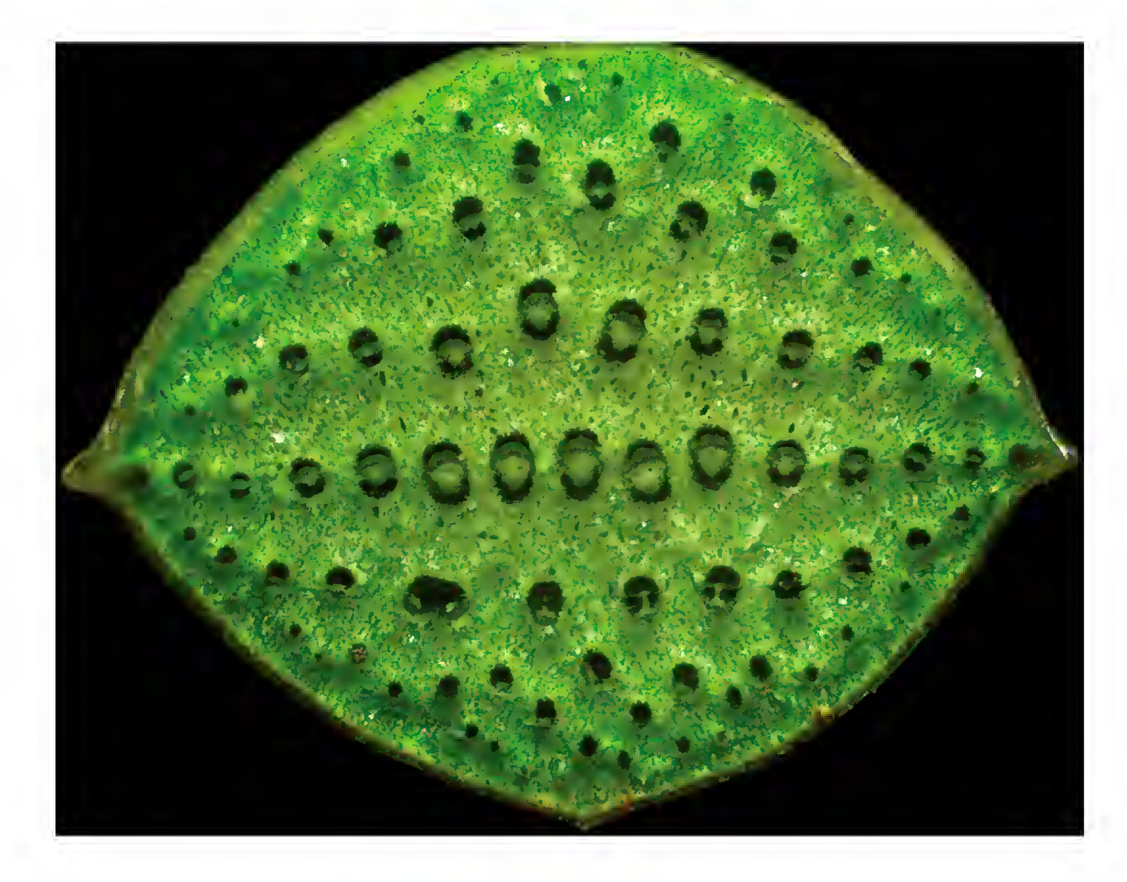


Fig. 5. Corte transversal (central) de la hoja fresca de *Yucca queretaroensis*. Foto: J. Luna.

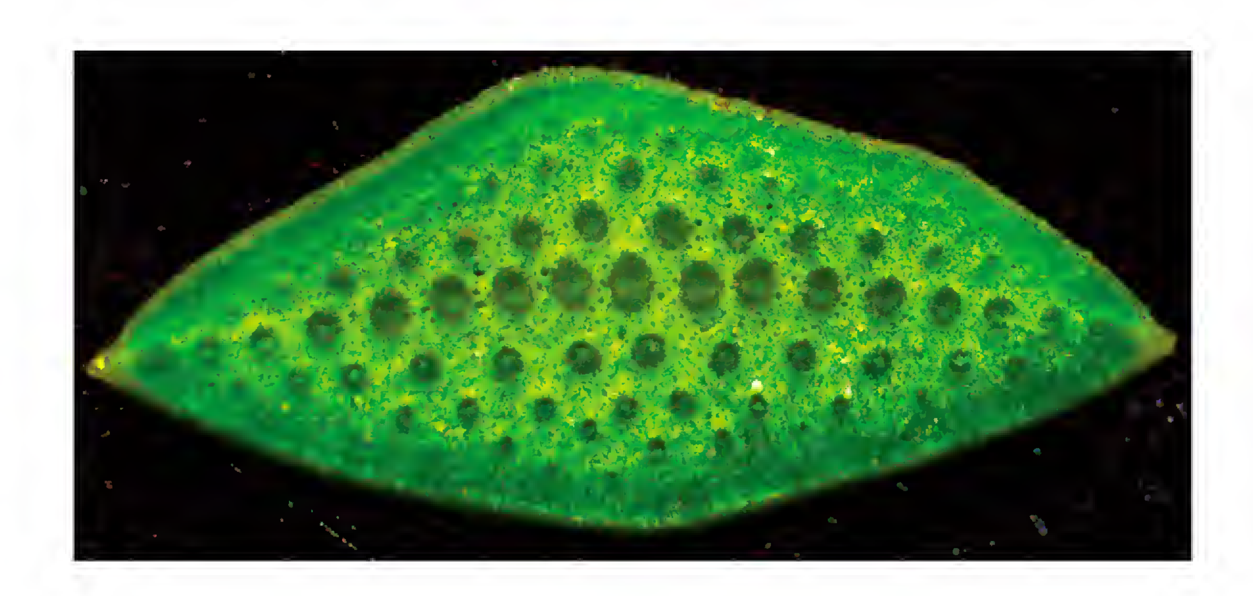


Fig. 6. Corte transversal (cerca de la base) de la hoja fresca de *Yucca linearifolia*. Foto: J. Luna.

frutos de *Y. queretaroensis* sí tienen la superficie pegajosa, contrario a la descripción de Hochstätter (2008). También encontramos discrepancia en las medidas de las semillas: en *Y. queretaroensis* son de 6.3-9.1 mm de largo, 5.3-10.1 mm de ancho y 2-3 mm de grosor, mientras que en *Y. linearifolia* miden 5-7 mm de largo, 4-6 mm de ancho y 2.5-3 mm de grosor (Clary, 1995). Aun cuando *Y. queretaroensis* y *Y. linearifolia* son morfológicamente similares, los caracteres usados por Hochstätter (2008)

son ambiguos y no son exclusivos de estas dos especies, por lo que no se justifica la creación de la serie *Gracilifoliae*.

Hochstätter (2008) no considera las evidencias moleculares en su propuesta de clasificación. Clary (1997), en su estudio de la filogenia del género *Yucca*, con base en la morfología y marcadores moleculares de la región ITS del ADN ribosomal del núcleo, muestra a *Y. queretaroensis* en el mismo clado que *Yucca torreyi* Shafer, *Y. filifera* Chabaud, *Y. madrensis* Gentry y *Y. treculeana* Carrière, mientras que *Y. linea-rifolia* está ubicada en otro grupo junto con *Y. carnerosana* (Trel.) McKelvey, ambas dentro de la serie *Treculeaneae* sensu McKelvey (Fig. 7). Pellmyr et al. (2007) estudiaron las relaciones filogenéticas del género *Yucca* usando marcadores moleculares AFLP (polimorfismos en la longitud de fragmentos amplificados); en su análisis *Y. queretaroensis* se encuentra en la base de las tres secciones del género y *Y. linearifolia* permanece dentro de la sección *Yucca*. Smith et al. (2008) muestran la posición de *Y. queretaroensis* en dos formas diferentes. La filogenia con base en marcadores AFLP la sitúa dentro de un grupo basal, hermano de todas las otras especies de *Yucca*; los autores indican que se trata de un resultado débilmente apoyado ya que los análisis no fueron consistentes. La filogenia con base en ADN del cloroplasto muestra a la especie en la sección *Yucca*, en el mismo clado que *Y. filifera* y *Y. periculosa* Baker, mientras que *Y. linearifolia* se ubica en un clado diferente al de *Y. queretaroensis.*

Los estudios con marcadores moleculares han mostrado que existen homoplasias en el género (Clary, 1997). Aunque *Y. queretaroensis* y *Y. linearifolia* tienen características morfológicas similares, no son especies cercanas. Una hipótesis probable es que su parecido posiblemente se deba a evolución convergente. Por otro lado, la propuesta de Hochstätter (2003) de dividir la serie *Treculeanae* en dos: serie *Treculianae* (hojas con márgenes enteros o filíferos) y serie *Yucca* (hojas con márgenes enteros o denticulados) no se considera lo suficiente robusta, ya que no tiene un sustento filogenético y los caracteres usados no son exclusivos. Con base en la revisión morfológica de la especie y en los estudios filogenéticos previos, se propone ubicar a *Y. queretaroensis* en la serie *Treculeanae*, sección *Yucca* (ex *Sarcocarpa*) sensu McKelvey.

CONCLUSIONES

La ubicación taxonómica de *Yucca queretaroensis* en la sección *Chaenocarpa*, serie *Rupicolae*, propuesta por Piña (1989) fue incorrecta, debido a que no tomó en cuenta las características del fruto. La clasificación en la sección *Yucca*, serie *Gracilifoliae* propuesta por Hochstätter (2008) también es errada pues los caracteres

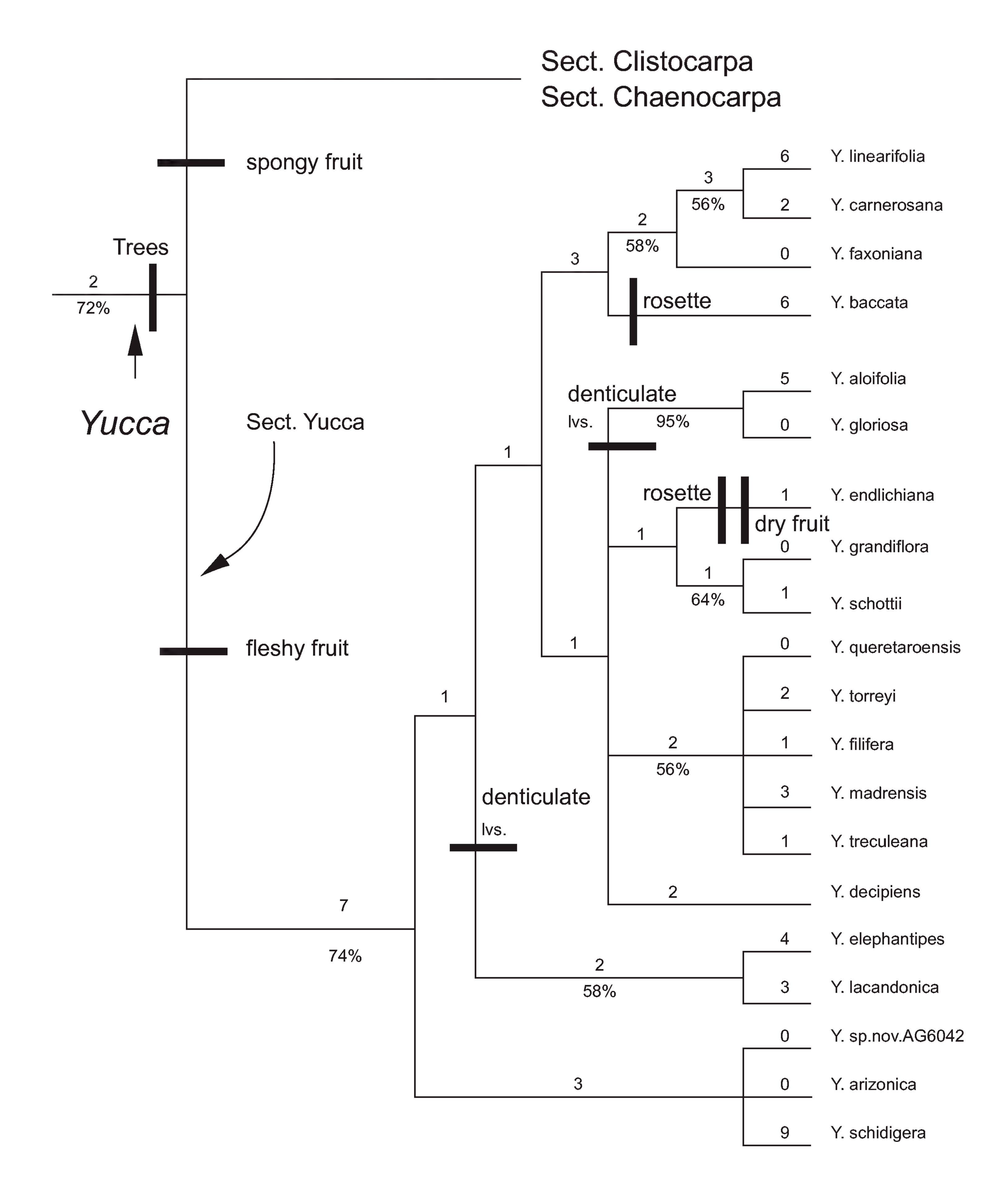


Fig. 7. Árbol filogenético de *Yucca* sect. *Yucca* (ex *Sarcocarpa*). Figura tomada con permiso de Clary (1997).

morfológicos que emplea no pudieron ser corroborados. Los estudios que se llevaron a cabo para evaluar el estado de conservación de la especie permitieron conocer con más detalle su morfología, biología y ecología. Por eso se consideró importante revisar y discutir los aspectos taxonómicos, así como presentar una ilustración botánica.

Si se compara la clasificación tradicional del género (McKelvey, 1938, 1947), basada en caracteres morfológicos, se observa que de manera amplia concuerda con los diseños de filogenia propuestos en tres publicaciones, especialmente en la sección *Yucca* (ex *Sarcocarpa*), que es un grupo monofilético. Tomando en cuenta este aspecto, se considera que la actual propuesta está adecuadamente sustentada, dado que se basa tanto en la revisión de caracteres morfológicos, como en lo que se sabe acerca de la filogenia de los componentes del género.

Es importante resaltar que a pesar de que el género *Yucca* ha sido abordado desde diferentes enfoques, tanto morfológicos como moleculares, hasta el momento no se ha llevado una revisión taxonómica completa del mismo.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio forma parte del proyecto "Evaluación del estado de conservación, uso y amenazas de *Yucca queretaroensis* Piña (Agavaceae) y la pertinencia de incluirla en los Apéndices de la CITES" financiado por la CONABIO-JE005. Los autores agradecen a Roberto Martínez Romero por la elaboración de la ilustración botánica, a Belem Hernández Díaz que contribuyó con las fotos de las semillas y a Ma. Magdalena Hernández por su ayuda con aspectos administrativos y logísticos del proyecto. Agradecemos a Mahinda Martínez y a Karen Husum Clary por la revisión crítica del manuscrito. Los autores agradecen a los revisores Abisaí García Mendoza y Sergio Zamudio por sus valiosos comentarios y sugerencias.

LITERATURA CITADA

Anónimo. 2009. Comercio de Agavaceae PC18 Doc. 21.1. Decimoctava reunión del Comité de Flora, Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). Buenos Aires, Argentina. 10 pp.

Anónimo. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. México, D.F., México.

Anónimo. 2013. CoP16 Prop. 50. Inclusion of *Yucca queretaroensis* in Appendix II CITES. Sixteenth meeting of the Conference of the Parties. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Bangkok, Tailandia. 15 pp. http://www.cites.org/eng/cop/16/prop/E-CoP16-Prop-50.pdf

Clary, K. H. 1995. *Yucca linearifolia* (Agavaceae): a new, indehiscent, fleshy-fruited, linear-leaved species endemic to the Chihuahuan Desert, Mexico. Brittonia 47(4): 394-396.

Clary, K. H. 1997. Phylogeny, character evolution, and biogeography of *Yucca* L. (Agavaceae) as inferred from plant morphology and sequences of the internal transcribed space (ITS) region of the nuclear ribosomal DNA. Ph.D. dissertation. University of Texas. Austin, USA. 214 pp.

Clary, K. H. 2001. The genus *Hesperoyucca* (Agavaceae) in the western United States and Mexico: new nomenclatural combinations. Sida 19(4): 839-847.

Engelmann, G. 1873. Notes on the genus *Yucca*. Trans. Acad. Sci. St. Louis. 13: 44-46.

García-Mendoza, A. 1998. Una nueva especie de *Yucca* (Agavaceae) de Oaxaca y Puebla, México. Acta Bot. Mex. 42: 1-5.

Greuter, W., F. Barrie, H. Burdet, W. Chaloner, V. Demoulin, D. Hawksworth, P. Jorgensen, D. Nicolson, P. Silva y P. Trehane. 1994. International code of botanical nomenclature. Koeltz Scientific Books. Koningstein, Alemania. http://www.bgbm.fu-berlin.de/iapt/nomenclature/code/tokyo-e/consultado 14 marzo 2013.

Hochstätter, F. 2003. New classification in the genus *Yucca* (Agavaceae). Cactaceae-Review 6(1): 18-19.

Hochstätter, F. 2004. *Yucca* III (Agavaceae) México. Selbst Verlag. 302 pp.

Hochstätter, F. 2008. *Yucca* news. Cactus World 26(4): 233-236.

Keith, E. 2003. *Yucca cernua* (Agavaceae: Series Rupicolae), a new species from Newton and Jasper Counties in Eastern Texas. Sida 20(3): 891-898.

Magallán-Hernández, F., B. Maruri-Aguilar, E. Sánchez-Martínez, L. Hernández-Sandoval, M. Robledo-Mejía y M. Hernández-Martínez. 2013. Evaluación del estado de conservación, uso y amenazas de *Yucca queretaroensis* Piña (Agavaceae) y la pertinencia de incluirla en los Apéndices de la CITES. Jardín Botánico Regional de Cadereyta, Querétaro. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-Querétaro. Informe final. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. proyecto JE005. Querétaro, México. 151 pp.

Magallán, F., B. Maruri, E. Sánchez y L. Hernández. 2013a. Rareza y belleza del estoquillo, una especie de *Yucca* endémica del semidesierto queretano-hidalguense. Biodiversitas 109: 7-11.

Magallán, F., B. Maruri, E. Sánchez, L. Hernández, J. Luna y M. Robledo. 2013b. Estado de conservación de *Yucca queretaroensis* (Agavaceae), una especie endémica del Semidesierto Queretano-Hidalguense. Memorias del XIX Congreso Mexicano de Botánica. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. 20-25 octubre de 2013.

Matuda, E. e I. Piña. 1980. Las plantas mexicanas del género *Yucca*. Serie Fernando de Alva Ixtlilxochitl. Miscelánea del Estado de México. Toluca, México. 145 pp.

McKelvey, S. D. 1938. Yuccas of the Southwestern United States. Part I. Arnold Arboretum of Harvard University Press. Boston, USA. 150 pp.

McKelvey, S. D. 1947. Yuccas of the Southwestern United States. Part II. Arnold Arboretum of Harvard University Press. Boston, USA. 192 pp.

Pellmyr, O., K. A. Segraves, D. M. Althoff, M. Balcázar-Lara y J. Leebens-Mack. 2007. The phylogeny of yuccas. Mol. Phylogenet. Evol. 43: 493-501.

Piña, I. 1989. Una nueva especie del género *Yucca* (Agavaceae). Cact. Suc. Mex. 34(3): 51-56.

Piña, I. 1990. Nuevas aportaciones a *Yucca queretaroensis* Piña sp. nov. Cact. Suc. Mex. 35(3): 61-62.

Rocha, M., S. Good-Ávila, F. Molina-Freaner, H. Arita, A. Castillo, A. García-Mendoza, A. Silva-Montellano, B. Gaut, V. Souza y L. Eguiarte. 2006. Pollination biology and adaptive radiation of Agavaceae, with special emphasis on the genus *Agave*. Aliso 22: 329-344.

Sargent, C. 1905. Manual of the trees of North America. The Riverside Press, Cambridge. Boston, USA. 826 pp.

Smith, C., O. Pellmyr, D. Althoff, M. Balcázar-Lara, J. Leebens-Mack y K. Segraves. 2008. Pattern and timing of diversification in *Yucca* (Agavaceae): specialized pollination does not escalate rates of diversification. Proc. R. Soc. B. 275: 249-258.

Trelease, W. 1902. The Yucceae. Thirteenth Annual Report of the Missouri Botanical Garden. St. Louis, USA. pp. 27-133.

Recibido en abril de 2013.

Aceptado en abril de 2014.

Acta Botanica Mexicana 108: 67-80 (2014)

DISTRIBUCIÓN ACTUAL Y POTENCIAL DE LAS CACTÁCEAS *FEROCACTUS HISTRIX, MAMMILLARIA BOMBYCINA* Y *M. PEREZDELAROSAE* EN EL ESTADO DE AGUASCALIENTES, MÉXICO

Ernestina Meza-Rangel[1], Felipe Tafoya[2], Roberto Lindig-Cisneros[3], José Jesús Sigala-Rodríguez[2], Eugenio Pérez-Molphe-Balch[1, 4]

[1]Universidad Autónoma de Aguascalientes, Centro de Ciencias Básicas, Departamento de Química, Avenida Universidad 940, Ciudad Universitaria, 20100 Aguascalientes, Aguascalientes, México.
[2]Universidad Autónoma de Aguascalientes, Centro de Ciencias Básicas, Departamento de Biología, Avenida Universidad 940, Ciudad Universitaria, 20100 Aguascalientes, Aguascalientes, México.
[3]Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Antigua Carretera a Pátzcuaro Núm. 8701, Colonia Ex Hacienda de San José de la Huerta, 58190 Morelia, Michoacán, México.
[4]Autor para la correspondencia: eperezmb@correo.uaa.mx

RESUMEN

Las cactáceas en México son un grupo representativo de las zonas áridas que actualmente presenta problemas de conservación debido a la sobreexplotación y el saqueo de los que han sido objeto en todo el país. En este trabajo se reporta la distribución actual de tres especies de cactáceas en el estado de Aguascalientes actualmente sujetas a protección especial según la legislación ambiental federal mexicana (*Ferocactus histrix, Mammillaria bombycina* y *M. perezdelarosae*). Se estimó su distribución potencial mediante la técnica de modelado de nicho ecológico. La mayoría de las poblaciones de *F. histrix* se encontraron en la mitad oeste del estado de Aguascalientes, entre 1750 y 2473 m s.n.m., en cañadas de difícil acceso o en laderas con poca inclinación. Las de *M. bombycina* fueron encontradas en la parte suroeste del de la entidad, entre 1847 y 2417 m de altitud, en colonias en paredes de cañadas o a ras del suelo cerca de las cañadas. Por último, las de *M. perezdelarosae* se ubicaron en el suroeste y el centro del estado, en rocas muy expuestas, entre 2024 y 2417 m. El estudio aporta una actualización al conocimiento de la distribución y proporciona nuevos elementos para conocer la condición de conservación de estas especies en Aguascalientes y para buscar estrategias de reintroducción y conservación.

Palabras clave: biznaga, Cactaceae, conservación, modelado de nicho ecológico.

ABSTRACT

The Cactaceae is a representative group of the national flora of Mexico that faces conservation problems due to overexploitation and illegal trade at the national and state levels. In this paper the present distribution of three cactus species protected by Federal Law (*Ferocactus histrix, Mammillaria bombycina* and *M. perezdelarosae*) occurring in the state of Aguascalientes is updated and their potential distribution estimated using ecological niche modeling techniques. Most populations of *F. histrix* were found in the western half of the state of Aguascalientes at elevations between 1750 and 2473 m, in canyons of difficult access or low hills. The populations of *M. bombycina* were located in southwestern Aguascalientes at elevations between 1847 and 2417 m, in canyon walls and in horizontal terrain close to the cliffs. Finally, populations of *M. perezdelarosae* were located in the southwestern and central regions of the state on exposed bedrock at elevations between 2024 and 2417 m. This study contributes to our knowledge of the distribution and the populations of all three species, which may be used for future reintroduction and conservation efforts of these species in the state of Aguascalientes.

Key words: barrel cactus, Cactaceae, conservation, ecological niche modeling.

INTRODUCCIÓN

Los mapas de distribución son esenciales para el estudio de los patrones de distribución de las plantas y son la base para el establecimiento de estrategias de conservación, dado que no es posible proteger una especie sin saber dónde está presente. Los que se usan con mayor frecuencia son los de puntos y superficies sombreadas, pero tienen varias desventajas ya que subestiman la distribución real en regiones que no han sido muestreadas o sobrestiman aquellas que lo han sido de manera deficiente (Anderson et al., 2002). El modelado de nicho ecológico es una técnica que se usa para identificar áreas de distribución potencial con base en variables ambientales, información de presencia de las especies y algoritmos que estiman el nicho climático usando información ambiental y de localidad (Guisan y Zimmermann, 2000; Graham et al., 2004). A pesar de las imprecisiones intrínsecas del modelado (Pearson et al., 2006), tiene una gran diversidad de aplicaciones que van de la

teoría de conservación del nicho y especiación (Peterson et al., 1999; Wiens, 2004), el cambio climático (Peterson et al., 2002; Ballesteros-Barrera et al., 2007), procesos de invasión de las especies (Peterson, 2003), el muestreo de especies raras (Guisan et al., 2006; Pearson et al., 2007), la agricultura (Sánchez-Cordero y Martínez-Meyer, 2000), la salud humana y animal (Peterson y Kluza, 2003; Peterson et al., 2005) o bien la exclusión y la expansión de nicho ecológico de una especie, asociada con la falta de competencia con otras (liberación competitiva) (Anderson et al., 2002), entre muchas otras (Kozak et al., 2008).

Por la diversidad de su fisiografía, clima y suelos del país, la flora de México es una de las más ricas y variadas del continente. Una de las familias que mejor la representa es la de las cactáceas (Bravo Hollis, 1978), las cuales se encuentran principalmente en zonas áridas y semiáridas, y son utilizadas para elaborar jugos concentrados, postres, jarabes, mermeladas y deshidratados, y como plantas ornamentales.

Actualmente muchas de las actividades del hombre están causando la disminución de las poblaciones de cactáceas, con acciones tales como la destrucción de su hábitat por asentamientos humanos, el saqueo ilegal o la introducción de animales en los lugares donde crecen. Estas plantas son especialmente vulnerables debido a su distribución geográfica restringida, sus ciclos de vida largos y sus tasas bajas de crecimiento (Hernández y Godínez, 1994; Godínez-Álvarez et al., 2003).

Bravo Hollis (1978) presenta una perspectiva general y a nivel nacional del estado de conservación de las cactáceas mexicanas, pero existe la necesidad de realizar estudios de menor escala que puedan ser más informativos y útiles para la toma de decisiones a nivel local. Elegimos el estado de Aguascalientes como un caso particular debido a tres razones: hay información base sobre la distribución de las cactáceas en la entidad, la presencia de una diversidad biológica alta en la entidad (Ávila, 2008) y el pequeño tamaño de la misma (5589 km^2; Anónimo, 1995), lo que permite una evaluación rápida pero completa de la distribución de cactáceas con problemas de conservación.

Aguascalientes está situado en el centro de la República Mexicana. El estado posee un clima semiseco principalmente y en él se tienen registrados 12 géneros y 70 especies de cactáceas (Quezada et al., 2000); de ellas, *Mammillaria bombycina* Quehl y *M. perezdelarosae* Bravo & Scheinvar son nativas de Aguascalientes, demandadas como ornamentales, mientras que *Ferocactus histrix* (DC) G. E. Linds es característica del centro de México, usada en la producción de dulces, agua de biznaga y como planta ornamental. De acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anónimo, 2010), las tres especies se encuentran sujetas a protección especial. Además, a nivel regional la sobreexplotación, aunada a la destrucción de su hábitat, ha

hecho que la situación de conservación de estas especies se agrave (Anderson, 2001; Del Castillo y Trujillo, 1991).

Para el estado de Aguascalientes existen pocos estudios sobre cactáceas. De la Cerda (1999) menciona que *F. histrix* es escasa, crece en el matorral subtropical en el municipio de Calvillo (en el suroeste de la entidad); además registra a *M. bombycina* para selva baja caducifolia en el mismo municipio y a *M. perezdelarosae* como una especie sumamente escasa en el matorral subtropical de Calvillo, en el bosque de encino en San José de Gracia (en el noreste) y en el matorral rosetófilo de Jesús María (en la porción central). Quezada et al. (2000) amplían la distribución publicada por De la Cerda (1999) para *F. histrix*, pues la reportan también de los municipios de Asientos, Cosío, Rincón de Romos, Pabellón, Jesús María, San José de Gracia y Tepezalá; incluyen asimismo dos localidades para *M. perezdelarosae* en los municipios de San José de Gracia y Calvillo, pero no lo hacen para *M. bombycina*.

Se actualiza la información sobre la distribución de las tres especies en el estado y se estima su distribucnión potencial utilizando la técnica de modelado de nicho ecológico. El propósito de este estudio es identificar y delimitar aquellas áreas que pudieran tomarse en consideración para una futura introducción de individuos de estas especies obtenidos por medios biotecnológicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La recolección de información se hizo mediante recorridos quincenales a diferentes localidades del estado de Aguascalientes entre enero de 2009 y febrero de 2010 en busca de las especies estudiadas. Los lugares de muestreo se definieron a partir de los datos obtenidos en la literatura (Fitz-Maurice, 1989; De la Cerda, 1999; Pilbeam, 1999; Quezada et al., 2000; Pilbeam y Bowdery, 2005; Quezada, 2008;) y de la consulta de las bases de datos en linea Cactus and Succulent Field Numbre Finder y de la Unidad de Informática para la Biodiversidad (UNIBIO-UNAM). Se revisaron los herbarios de la Universidad Autónoma de Aguascalientes y del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias en Pabellón, Aguascalientes. Las exploraciones fueron planeadas para cubrir la mayor parte de las regiones del estado, incluso aquellas en donde no se habián reportado estas especies. El metodo de búsqueda fue a través de transectos de longitud variable que cubrían diferentes tipos de vegetación y formas topográficas. Para cada ejemplar encontrado se registraron las coordenadas precisas usando un receptor de posicionamiento satelital GPS Garmin ETrex (Datum WGS83) y se tomó nota de las caracterñisticas del

microhábitat inmediato: (a) vegetación, (b) presencia de otros cactus, (c) presencia de plantas nodrizas, y (d) cercanía a rocas.

Para el modelado de nicho ecológico se empleó el software MaxEnt (3.3.2, febrero de 2010, Princeton University & AT&T Labs-Research, Princeton, NJ, descarga gratuita en http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/), el cual toma como base para predecir la distribución de una especie en un área geográfica en el conjunto de ubicaciones de ocurrencia georreferenciado (todas las coordenadas de las localidades visitadas) y las variables ambientales (Phillips et al., 2004; Phillips et al., 2006; Phillips y Dudík, 2008). Estas últimas fueron elegidas del paquete de 19 variables ambientales de escala mundial llamado Worldclim, generadas por Hijmans et al. (2005) y disponibles en http://www.worldclim.org.

Se realizó un primer modelado para delimitar el área de estudio con bases biológicas y geográficas usando el sistema de información geográfica Manifold (versión 8.0.16, Ultimate Edition, Carson City, NV, marzo 2010) en el que se integraron los puntos recopilados para revisarlos en busca de posibles errores y se elaboraron los mapas de localidades de colecta. Con esta delimitación se recortaron las capas ambientales de Worldclim de manera individual. Se obtuvo así un plano en el que se asignan valores continuos cuantitativos a cada pixel del área de estudio, que fue transformado en uno binario en el que indica la presencia potencial de las especies de interés en Aguascaliente. Esta transformación se hizo mediante el método de Maximización de la suma de sensibilidad-especificidad (Liu et al., 2005). Posteriormente éste se combinó con información del hábitat de las especies obtenida durante las salidas de campo y con la cartografía de vegetación y uso de suelo 1:250 000 (CONABIO, 1999) para identificar los tipos de vegetación en los cuales estaban los puntos de colecta de las tres especies y así corroborar las observaciones de campo. Tal procedimiento tuvo la finalidad de hacer más precisos los mapas de distribución potencial.

RESULTADOS

Las localidades visitadas en la fase del trabajo de campo en donde se encontraron ejemplares de las especies en estudio fueron 76 para *F. histrix*, 30 para *M. bombycina* y 60 para *M. perezdelarosae*; muchas de ellas son sitios de los que estas plantas no habían sido reportadas previamente. En la figura 1 se muestran los lugares en los que fueron halladas (algunos puntos están superpuestos por lo que no se aprecian bien en el mapa). *Ferocactus histrix* se presenta en el norte y este de Aguascalientes, en los municipios de Asientos, Calvillo, El Llano, Jesús María, Rincón de

Romos, San José de Gracia y Tepezalá; para el El Llano no se había registrado con anterioridad. *Mammillaria bombycina* se localizó en el suroeste en los municipios de Calvillo y Jesús María, siendo este último también un lugar de donde no se había reportado esta especie. En el caso de *M. perezdelarosae*, ésta fue encontrada en los municipios de Aguascalientes, Asientos, Calvillo, Jesús María, San Francisco de los Romo y San José de Gracia; destacando los de Aguascalientes, Asientos, Jesús María y Rincón de Romos como áreas en donde no se había registrado.

Se obtuvieron varios modelos con el programa MaxEnt para cada especie con la finalidad de ajustar condiciones, eliminar variables ambientales redundantes y mejorar la capacidad predictiva de los mismos. Las figuras 2, 3 y 4 muestran los mapas finales producidos por el modelado de nicho ecológico para cada una de ellas. Los tipos de vegetación en los cuales se ubicaron los puntos de colecta de las tres especies fueron los siguientes: 46.96% de los ejemplares de *F. histrix* tuvieron una correspondencia con el matorral subtropical, 24.24% con el pastizal natural, 21.21% con el matorral sarcocrasicaule, 4.54% con el bosque de encino y 3.03% con áreas de manejo agropecuario. Para *M. bombycina* 73.33% de los ejemplares se presentaron en áreas de manejo agropecuario ocupadas con anterioridad por matorral subtropical principalmente, 13.33% en matorral subtropical y 10% en bosque de encino. De *M. perezdelarosae* 46.66% fueron localizados en bosque de encino, 26.66% en pastizal, 21.66% en matorral subtropical y 5% en áreas de manejo agropecuario (Fig. 5). Cabe mencionar que con frecuencia nuestra interpretación del tipo de vegetación observado durante las salidas de campo fue diferente del mostrado por la carta de la CONABIO (1999). De acuerdo con los modelos construidos en MaxEnt se identificaron las variables que tuvieron más importancia para explicar la distribución de esta especie: para *F. histrix* fueron el intervalo medio de temperatura semanal, la estacionalidad de la precipitación, la temperatura mínima del periodo más frío del año, la precipitación del cuatrimestre más húmedo y la estacionalidad de la temperatura; sin embargo, fueron las dos primeras las que contribuyeron de manera más importante a la construcción del modelo. Para *M. bombycina* las variables más significativas fueron la temperatura mínima del periodo más frío del año, la precipitación del cuatrimestre más caliente, el intervalo de temperatura anual y la precipitación del mes más seco. Finalmente, para *M. perezdelarosae* se identificaron la precipitación del cuatrimestre más caliente, la temperatura mínima del periodo más frío, la estacionalidad de la precipitación y la precipitación del cuatrimestre más frío del año.

Preferencias de hábitat de las especies

Ferocactus histrix crece en altitudes de entre 1750 y 2473 m, en cañadas, cerca de rocas o sobre ellas. Fue notorio que en las localidades que se visitaron en

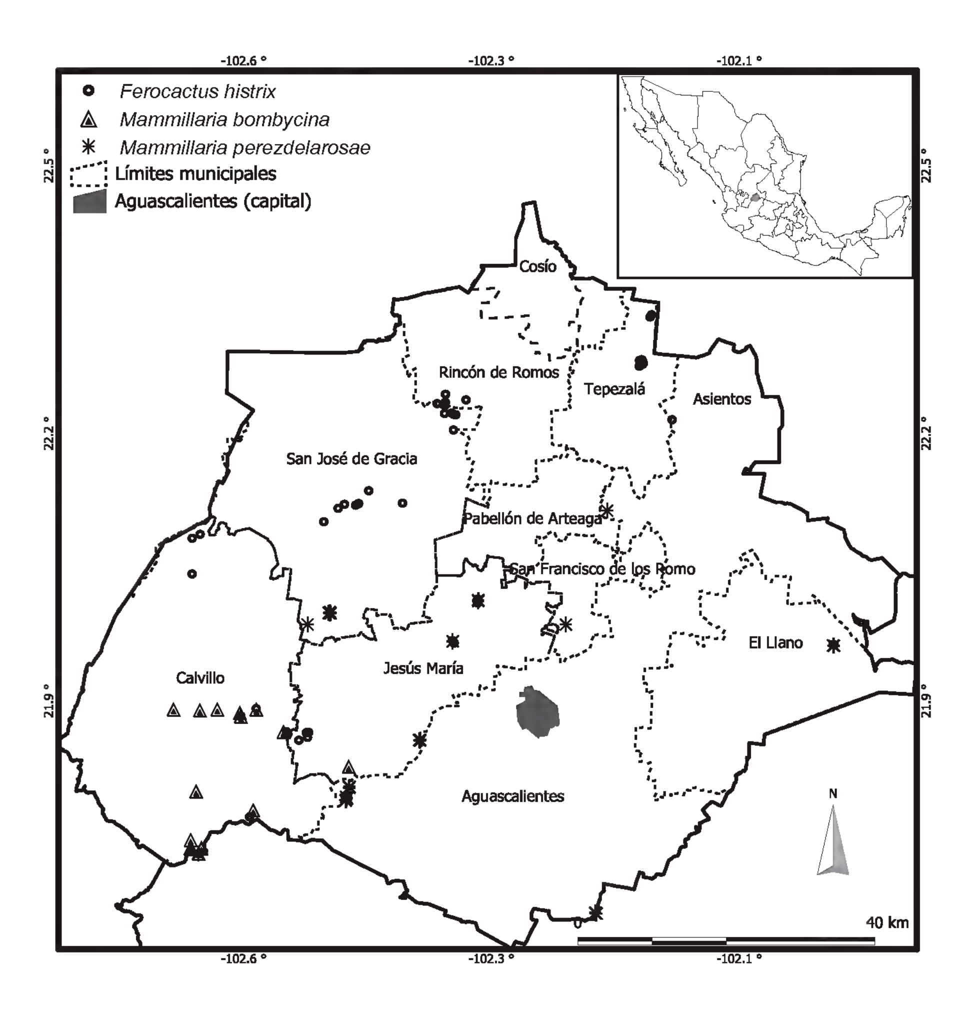


Fig. 1. Distribución de las tres especies en el estado de Aguascalientes, México.

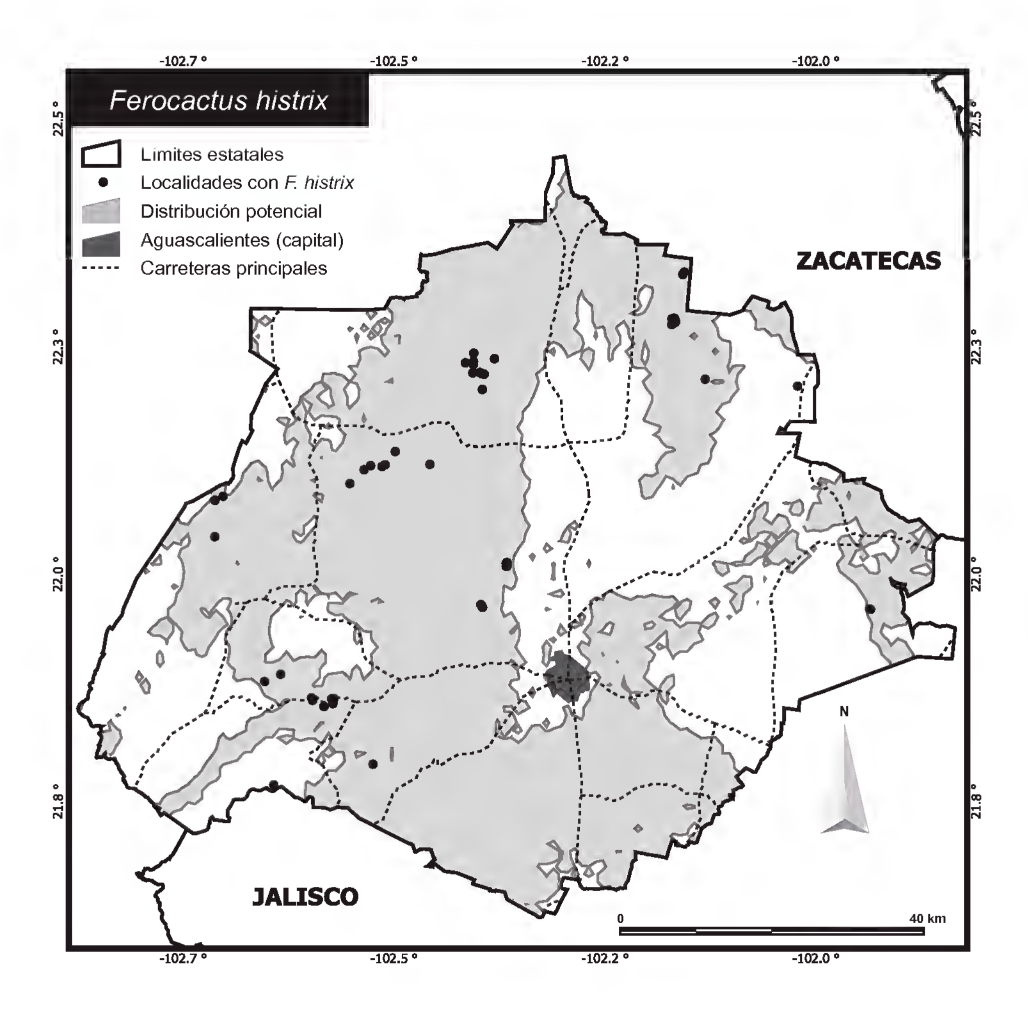


Fig. 2. Mapa de distribución potencial de *Ferocactus histrix* en el estado de Aguascalientes, México.

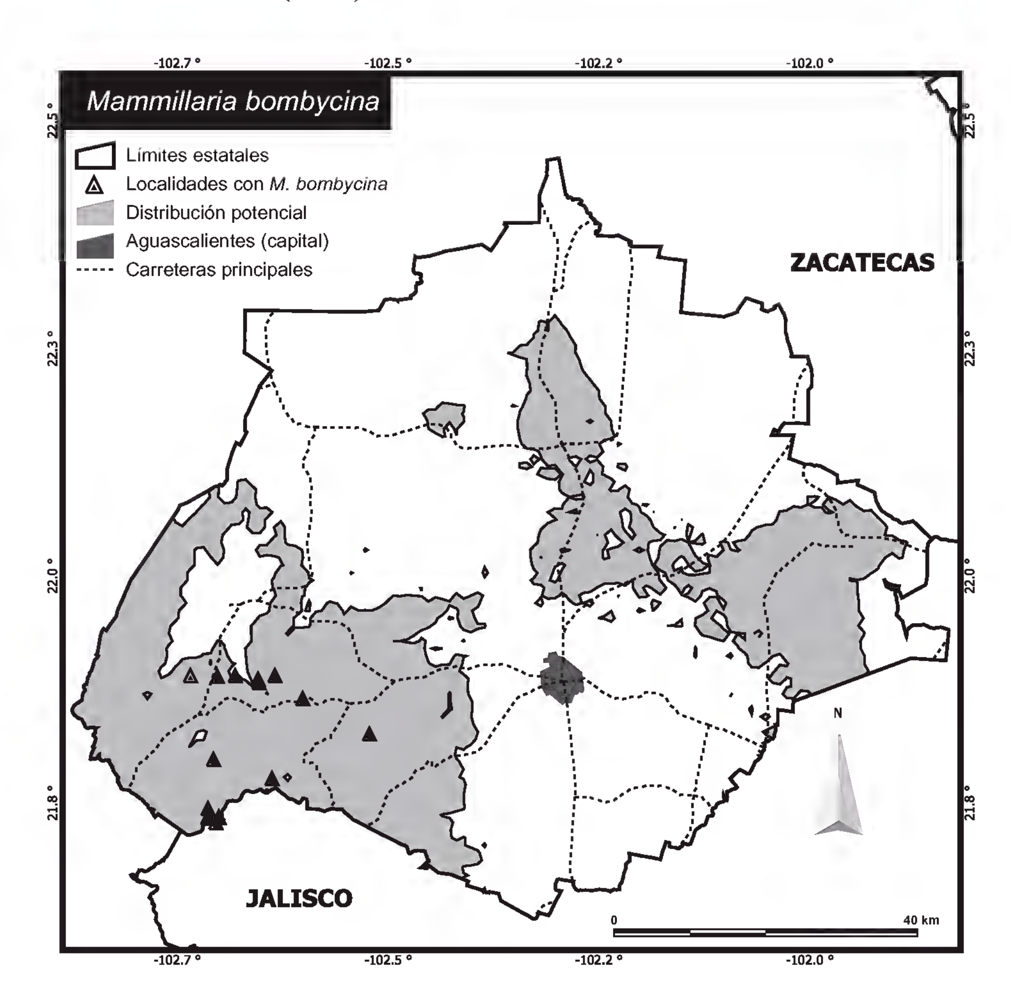


Fig. 3. Mapa de distribución potencial de *Mammillaria bombycina* en el estado de Aguascalientes, México.

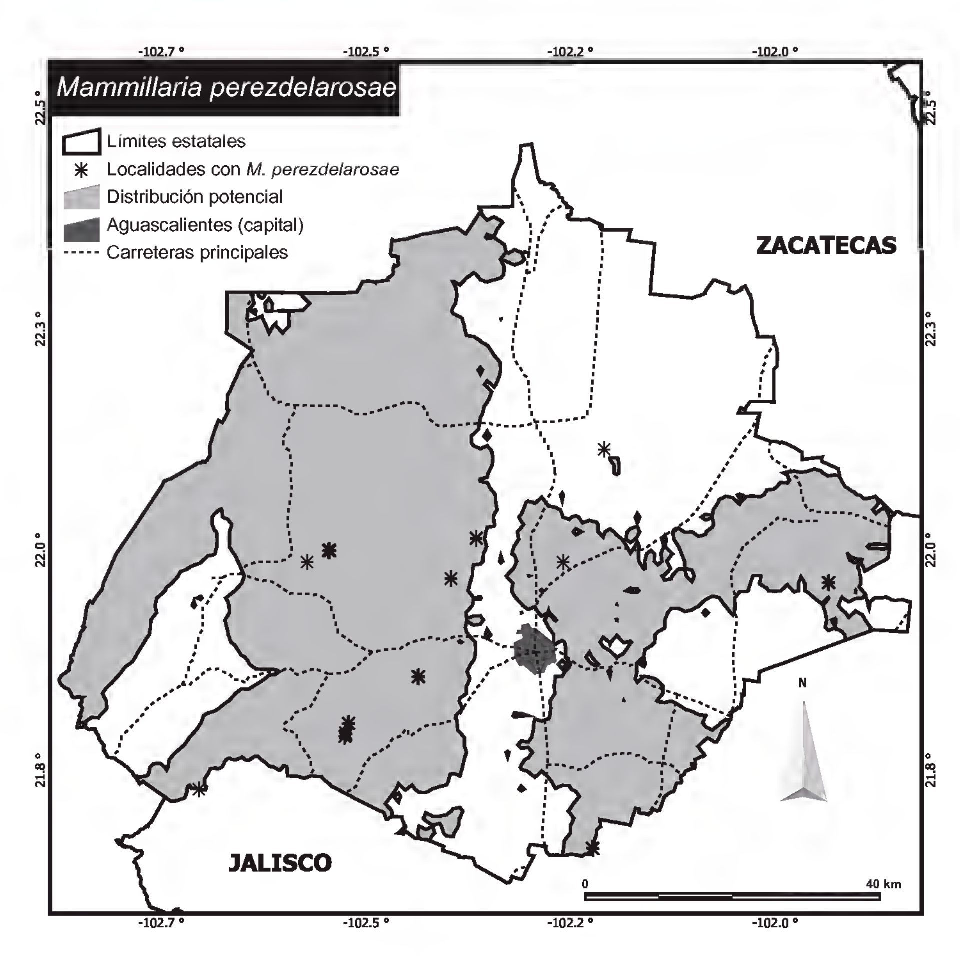


Fig. 4. Mapa de distribución potencial de *Mammillaria perezdelarosae* en el estado de Aguascalientes, México.

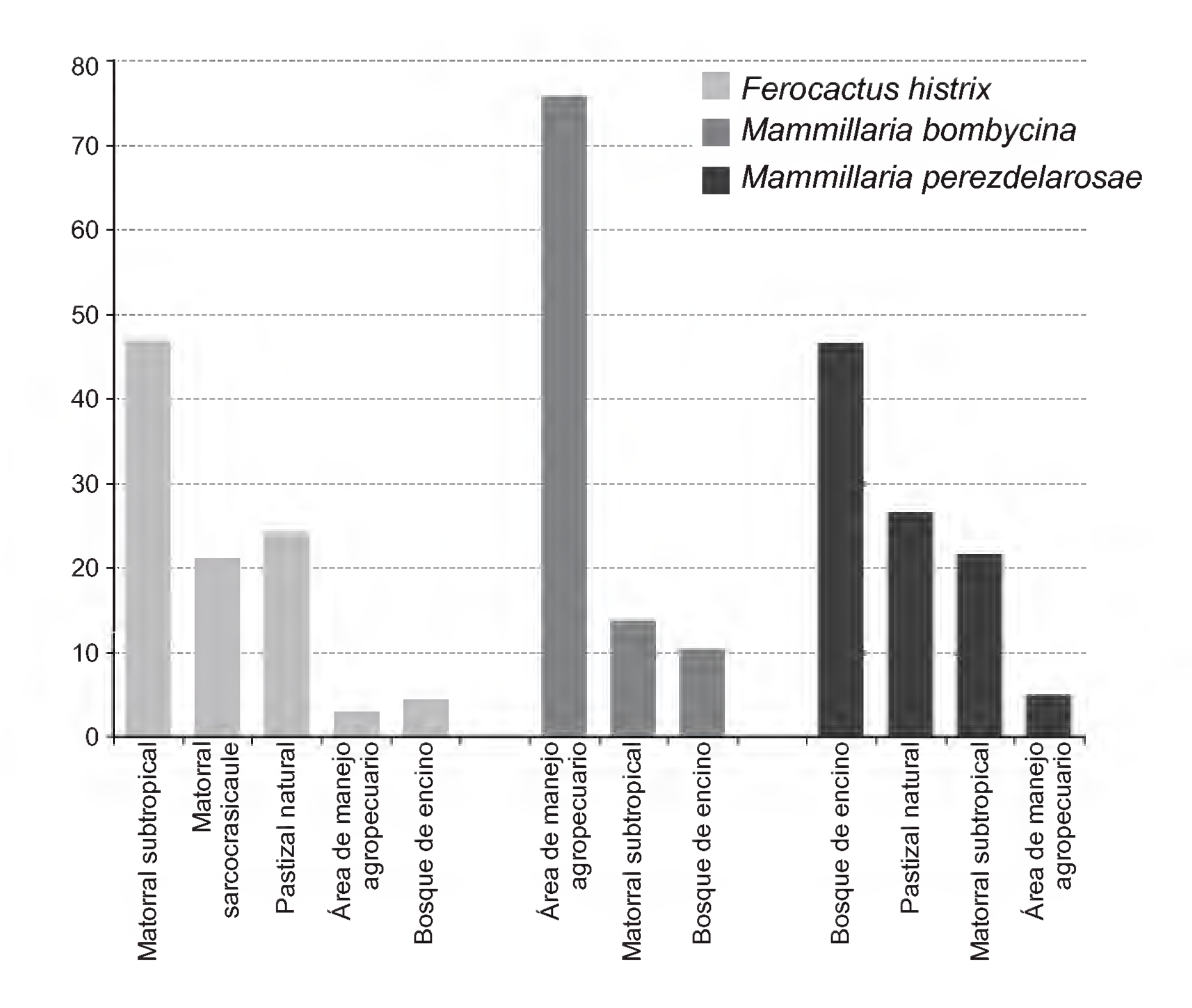


Fig. 5. Distribución en porcentajes de los puntos de colecta en los tipos de vegetación en los que se encontró a *Ferocactus histrix*, *Mammillaria bombycina* y *Mammillaria perezdelarosae.*

el noroeste del estado se observaron individuos en laderas con poca inclinación, mientras que los encontrados en la mitad oeste del mismo estaban generalmente en cañadas de difícil acceso (Fig. 6-A).

Las plantas de *F. histrix* se pueden encontrar en una condición solitaria o formando grupos de dos o tres ejemplares, frecuentemente cerca de plantas arbustivas como *Mimosa* sp. (uña de gato), *Acacia* sp. (huizache) y *Prosopis* sp. (mezquite). En algunas ocasiones este cacto está asociado a *Mammillaria bombycina* en los sitios en donde sus áreas de distribución coinciden.

Se encontraron varias colonias de *Mammillaria bombycina* en altitudes de 1847 a 2417 m, algunas en cañadas y otras al nivel del suelo en la base de paredes rocosas o en la unión de rocas (Fig. 6-B). Crece tanto en zonas con suelos húmedos frecuentemente asociada a briofitas (musgos) y *Quercus rugosa* (encino), como en zonas más secas en asociación con gramíneas y otras cactáceas.

Mammillaria perezdelarosae se encontró en altitudes entre 2024 y 2417 m, creciendo sobre rocas muy expuestas, comúnmente asociada con briofitas (musgos), *Selaginella* sp. (siempre viva), líquenes, o gramíneas; forma colonias de pocos ejemplares y fue común hallar ejemplares solitarios (Fig. 6-C).



Fig. 6. Imágenes de las especies de estudio en el estado de Aguascalientes; A. *Ferocactus histrix* en Potrerillos; el ejemplar en la parte central de la imagen tiene un diámetro aproximado de 30 cm.; B. *Mammillaria bombycina* en Calvillo; C. *Mammillaria perezdelarosae* en Los Planes; este ejemplar tiene un diámetro aproximado de 7 cm.

DISCUSIÓN

A partir de las visitas realizadas al campo, se logró identificar la importancia que tienen las plantas nodrizas en el desarrollo de las cactáceas estudiadas en estado juvenil (Valiente-Banuet et al., 1991). Se observaron ejemplares pequeños de *F. histrix* en varias de las localidades visitadas, especialmente en Cerro de Juan Grande en el municipio de Palo Alto y en la cañada de Potrerillos en el municipio de Rincón de Romos, lo que es indicativo de nuevos reclutamientos en esas poblaciones. También se supo, a través del contacto directo con pobladores locales, que el dulce de biznaga que se comercializa en el estado se trae de estados vecinos, gracias a lo cual ha disminuido la presión de colecta sobre estas poblaciones a nivel local. Sin embargo, la presencia de ganado es común en la región y sigue teniendo un impacto negativo en la mayoría de las zonas visitadas. Por otro lado, ante la escasez de alimento por la sequía presente en algunas áreas del estado, algunos roedores consumen los individuos jóvenes y las semillas de estas plantas.

Los resultados del trabajo de campo permitieron ampliar las distribuciones conocidas de las especies de estudio en comparación con lo reportado por De la Cerda (1999) y Quezada et al. (2000). Además, se reconocen las características de preferencia de hábitat para estas especies, derivadas de lo observado en las salidas de campo y las asociaciones que establecen con sus plantas nodrizas. Por estas razones, este estudio puede tomarse como base para posteriores investigaciones de índole ecológico que contribuyan a confirmar la presencia o ausencia de las especies en las zonas de la distribución potencial.

La estimación de la distribución potencial de las tres especies por medio de un ejercicio de modelación es un avance importante para plantear estrategias de conservación, y tal información puede ser usada en iniciativas de reintroducción en áreas naturales.

CONCLUSIONES

Se localizó un número importante de poblaciones de las tres especies estudiadas en el estado de Aguascalientes, con lo que se amplió y se actualizó el conocimiento de su distribución en la entidad. Los datos recabados en el estudio de campo se agregan a los disponibles en la literatura y proporcionan un mejor conocimiento de las características del hábitat que ocupan cada una de ellas, lo cual es de importancia fundamental en cualquier estrategia de conservación en sus áreas naturales

de distribución. A partir de los mapas de distribución potencial de *F. histrix, M. bombycina* y *M. perezdelarosae* para el estado obtenidos mediante el modelado de nicho ecológico, se pudieron identificar los sitios con las condiciones ambientales más apropiadas para cada una de estas especies, lo cual puede ser de utilidad para futuras iniciativas de producción y reintroducción de cactáceas.

AGRADECIMIENTOS

A Margarita De la Cerda Lemus, Octavio Rosales Carrillo, Gabriel González Adame, Gerardo García Regalado, Roberto Rico Martínez, Alberto Rodríguez Ávalos, Silvestre Delgadillo, Guadalupe Mata Pérez, Martha Evelia Pérez Reyes, Isaac Reyes Silva, Daniela Cano, Sofia Sigala Meza y Eric Sigala Meza por su ayuda en campo, en la revisión del manuscrito y por su apoyo personal. A dos revisores anónimos cuyos comentarios incrementaron significativamente la calidad del manuscrito. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca para estudios de doctorado para E.M.R.

LITERATURA CITADA

Anderson, E. F. 2001. The cactus family. Timber Press. Portland, U.S.A. 776 pp.

Anderson, R. P., A. T. Peterson y M. Gómez-Laverde. 2002. Using niche based GIS modeling to test geographic predictions of competitive exclusion and competitive release in South American pocket mice. Oikos 98: 3-16.

Anónimo. 1995. Estadísticas del medio ambiente. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Aguascalientes, México. 447 pp.

Anónimo. 2010. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental. Especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo. Categorías para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en Riesgo. Diario Oficial de la Federación. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Jueves 30 de diciembre de 2010, Segunda Sección. 1-78 pp.

Ávila, H. 2008. Introducción al capítulo 3 Biodiversidad. In: La Biodiversidad en Aguascalientes: Estudio de Estado. Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes (IMAE), Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA). Aguascalientes, México. p. 81.

Ballesteros-Barrera, C., E. Martínez-Meyer y H. Gadsden. 2007. Effects of landcover transformation and climate change on the distribution of two microendemic lizards, genus *Uma*, of northern Mexico. J. Herpetol. 41: 733-740.

Bravo Hollis, H. 1978. Las cactáceas de México. Vol. I. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. México. 746 pp.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1999. "Uso de suelo y vegetación modificado por CONABIO". Escala 1: 1 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México.

Del Castillo, R. F. y S. Trujillo. 1991. Ethnobotany of *Ferocactus histrix* and *Echinocactus platyacanthus* (Cactaceae) in the Semiarid Central Mexico: Past, present and future. Econ. Bot. 45(4): 495-502.

De la Cerda, M. 1999. Cactáceas de Aguascalientes. 2da. edición. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. 98 pp.

Fitz Maurice, W. A. 1989. Field notes. New locations for *Mammillaria perezdelarosae*. Cact. Succ. J. 61(6): 265-267.

Godínez-Álvarez, H., T. Valverde y P. Ortega-Baes. 2003. Demographic trends in the cactaceae. Bot. Rev. 69: 173-203.

Graham, C. H., S. Ferrier, F. Huettman, C. Moritz y A. T. Peterson. 2004. New developments in museum-based informatics and applications in biodiversity analysis. Trends Ecol. Evol. 19: 497-503.

Guisan, A., O. Broennimann, R. Engler, M. Vust, N. G. Yoccoz, A. Lehmann y N. E. Zimmermann. 2006. Using niche-based models to improve the sampling of rare species. Conserv. Biol. 20: 501-511.

Guisan, A. y N. E. Zimmermann. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. Ecol. Model. 135: 147-186.

Hernández, H. M. y H. Godínez. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas amenazadas. Acta Bot. Mex. 26: 33-52.

Hijmans, R. J., S. E. Cameron, J. L. Parra, P. G. Jones y A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. Int. J. Climatol. 25: 1965-1978.

Kozak, K. H., C. H. Graham y J. J. Wiens. 2008. Integrating GIS-based environmental data into evolutionary biology. Trends Ecol. Evol. 23: 141-148.

Liu, C., P. M. Berry, T. P. Dawson y R. G. Pearson. 2005. Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. Ecography 28: 385-393.

Martin, R. 2013. Cactus and Succulent Field Number Finder. Cardiff University. Wales, UK. http://ralph.cs.cf.ac.uk/Cacti/finder.html; consultado el 14 de enero 2013.

Pearson, R. G., C. J. Raxworthy, M. Nakamura y A. Townsend Peterson. 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. J. Biogeogr. 34: 102-117.

Pearson, R. G., W. Thuiller, M. B. Araujo, E. Martínez-Meyer, L. Brotons, C. McClean, L. Miles, P. Segurado, T. P. Dawson y D. C. Lees. 2006. Model-based uncertainty in species range prediction. J. Biogeogr. 33: 1704-1711.

Peterson, A. T. 2003. Predicting the geography of species' invasions via ecological niche modeling. Q. Rev. Biol. 78: 419-433.

Peterson, A. T. y D. A. Kluza. 2003. New distributional modelling approaches for GAP analysis. Anim. Conserv. 6: 47-54.

Peterson, A. T., C. Martínez-Campos, Y. Nakazawa y E. Martínez-Meyer. 2005. Time-specific ecological niche modeling predicts spatial dynamics of vector insects and human dengue cases. Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg. 99: 647-655.

Peterson, A. T., M. A. Ortega-Huerta, J. Bartley, V. Sánchez-Cordero, J. Soberón, R. H. Buddemeier y D. R. B. Stockwell. 2002. Future projections for Mexican faunas under global climate change scenarios. Nature 416: 626-629.

Peterson, A. T., J. Soberón y V. Sánchez-Cordero. 1999. Conservatism of ecological niches in evolutionary time. Science 285: 1265-1267.

Phillips, S. J., R. P. Anderson y R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecol. Model. 190: 231-259.

Phillips, S. J. y M. Dudík. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. Ecography 31: 161-175.

Phillips, S. J., M. Dudik y R. E. Schapire. 2004. A maximum entropy approach to species distribution modeling. Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning. Association for Computing Machinery. New York. USA. p. 83.

Pilbeam, J. 1999. The Cactus file handbook *Mammillaria*. Nuffield Press. Oxford, UK. 380 pp.

Pilbeam, J. y D. Bowdery. 2005. *Ferocactus*. British Cactus and Succulent Society. 116 pp.

Quezada, E. 2008. Estudio de caso: la familia Cactaceae en el estado de Aguascalientes. In: La Biodiversidad en Aguascalientes: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes (IMAE), Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA). Aguascalientes, México. 117 pp.

Quezada, E., J. García Santibáñez y R. Díaz López. 2000. Nomenclator: Cactáceas en Aguascalientes. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México, D.F., México. 47 pp.

Sánchez-Cordero, V. y E. Martínez-Meyer. 2000. Museum specimen data predict crop damage by tropical rodents. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 97: 7074-7077.

Valiente-Banuet, A., A. Bolongaro-Crevenna, O. Briones, E. Ezcurra, M. Rosas, H. Nunez, G. Barnard y E. Vázquez. 1991. Spatial relationships between cacti and nurse shrubs in a semi-arid environment in central México. J. Veg. Sci. 2: 15-20.

Wiens, J. J. 2004. Speciation and ecology revisited: Phylogenetic niche conservatism and the origin of species. Evolution 58(1): 193-197.

Recibido en julio de 2012.

Reactivado en febrero de 2013.

Aceptado en diciembre de 2013.

Acta Botanica Mexicana 108: 81-103 (2014)

LA BIOCURACIÓN EN BIODIVERSIDAD: PROCESO, ACIERTOS, ERRORES, SOLUCIONES Y PERSPECTIVAS

Maribel Castillo[1], Layla Michán[2,4] y Armando Luis Martínez[3]

[1]Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Dirección General de Proyectos, 14010 México, D.F., México.
[2]Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología Comparada, Laboratorio de Cienciometría, Información e Informática Biológica (CIIB), 04510 México, D.F., México.
[3]Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología Evolutiva, Museo de Zoología, 04510 México, D.F., México.
[4]Autor para la correspondencia: laylamichan@ciencias.unam.mx

RESUMEN

La curación de datos biológicos digitales o biocuración es la actividad de organizar, representar y hacer que la información biológica esté accesible para los seres humanos a través de las computadoras. Entre sus tareas están la organización, estandarización, normalización, clasificación, anotación y análisis de la información. El Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) integra la información referente a cerca de seis millones de registros de ejemplares y observaciones biológicas provenientes principalmente de las colecciones zoológicas y herbarios de México. Para administrar esa información la CONABIO ha establecido mecanismos de control de calidad de los datos que ingresan al SNIB que permiten integrar la información proveniente de diferentes fuentes y hacerla consistente e interoperable con otros sistemas de información. Se expone la importancia de la biocuración de bases de datos de biodiversidad, se explica el proceso de curación llevado a cabo en el sistema Biótica© de CONABIO, se dan algunos ejemplos de los errores más comunes que se presentan en los datos biológicos como: omisión, tipográficos, contextuales, redundancia, convención, uniformidad y congruencia; se presentan algunas soluciones, y se discute sobre la importancia de la investigación y enseñanza de la biocuración para los biólogos del siglo XXI.

Palabras clave: bases de datos biológicas, biocuración, biodiversidad, CONABIO, e-taxonomía.

ABSTRACT

The curation of biological digital data or biocuration is the activity of organizing, representing and making biological information accessible to human beings through computers. Among its tasks are the organization, standardization, normalization, classification, annotation and analysis of information. The National System of Information on Biodiversity (SNIB) from the National Commission for Knowledge and Use of Biodiversity (CONABIO) integrates information of about six million records of biological organisms and observations mainly from zoological collections and herbaria in Mexico. To manage this information CONABIO has established quality control mechanisms of the data that are included in the SNIB, that allows to integrate the information of different sources and make it consistent and interoperable with other information systems. This work has the purpose of exposing the importance of biocuration of biodiversity databases, explaining the curating process carried out in Biotica©, which is CONABIO´s Information System, exemplifying some of the most common errors that occur in biological data such as: omission, typographical, contextual, redundancy, convention, uniformity and consistency, presenting some solutions, and discussing the importance of research and teaching of biocuration for biologists of 21st century.

Key words: biocuration, biodiversity, biological databases, CONABIO, e-taxonomy.

INTRODUCCIÓN

Uno de los efectos más evidentes de la (r)evolución digital en la Biología es la creación de enormes volúmenes de datos biológicos primarios en formato digital que se sistematizan en numerosas bases de datos (Schadt et al., 2010; Trelles et al., 2011). El archivo, curación, conservación digital, análisis e interpretación de todos estos datos biológicos son un desafío (Goble et al., 2008). Una disciplina emergente e interdisciplinaria, la informática biológica, produce teorías, métodos y herramientas de vanguardia para lograr este objetivo (Heidorn, 2003). En este documento nos interesa especialmente la curación o mejor dicho, la biocuración, definida como la actividad de organizar, representar y hacer que la información biológica esté accesible para los seres humanos y las computadoras (Howe et al., 2008). Entre sus tareas están la organización, estandarización, normalización, clasificación, anotación y análisis de la información. La mayor cantidad de biocuradores realizan su trabajo en el área biomédica (Burge et al., 2012).

Esta tarea ha sido fundamental para el desarrollo de la biología desde Linneo hasta el GenBank® y el UniProt; la cuidadosa recopilación y organización de los datos biológicos son la base del conocimiento biológico actual. Los nuevos avances tecnológicos y la evolución hacia la web semántica han convertido el proceso de curación en un área emergente, innovadora y de vanguardia (Thornton, 2009). Es tal la importancia de este procedimiento, que hay revistas especializadas sobre el tema como son la DATABASE The Journal of Biological Databases and Curation (http://database.oxfordjournals.org/) y organizaciones que atienden este tema como la International Society for Biocuration (ISB) (http://www.biocurator.org/) y ELIXIR unites Europe's leading life science organisations (http://www.elixir-europe.org/).

Un ejemplo de este tipo de procedimiento y enfoque es el utilizado por la CONABIO para el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) que integra la información referente a cerca de seis millones de registros curatoriales, bases de datos de tipo taxonómico, ecológico, cartográfico, bibliográfico, etnobiológico, de uso y catálogos sobre recursos naturales y otros temas. Para administrar esa información, la CONABIO ha establecido mecanismos de control de calidad de los datos de ejemplares que ingresan al SNIB que permiten integrar la información proveniente de diferentes fuentes y hacerla consistente e interoperable con otros sistemas de información (Abbott, 2009). Con base en los objetivos de la CONABIO y a la necesidad de hacer eficaz y eficiente el uso y manejo de la información biológica se creó el Sistema de Información Biótica©, diseñado exprofeso para el manejo de datos curatoriales, nomenclaturales, geográficos, bibliográficos y de parámetros ecológicos. Biótica© fue desarrollado tomando en cuenta la gran diversidad de requerimientos de sus principales usuarios, la comunidad biológica (taxónomos, curadores, biogeógrafos, ecólogos, etnobiólogos, entre otros), con el propósito fundamental de ayudar de una forma confiable y sencilla en la captura, actualización y manejo de los datos. En la figura 1 se esquematizan los grupos de información que integran la versión Biótica© 5.0 (CONABIO, 2008).

La versión actual de Biótica© 5.0 está organizada por diez módulos: Base de datos, Directorio, Nomenclatural, Ejemplar, Ecología, Geográfico, Bibliografía, Herramientas y Ayuda, así como un módulo Colecciones que solo será visible si se ha instalado el sistema completo; esto dependerá de las necesidades de captura del usuario.

En el módulo Base de datos, se realiza la conexión del sistema a la base de datos donde se ingresa la información; se pueden configurar o predeterminar la visualización específica de los datos que van a utilizarse con frecuencia, lo cual permitirá hacer más rápido y fácil el ingreso de información. También aquí es posible dar de alta a los usuarios y asignarles permisos de acceso a la base de datos.

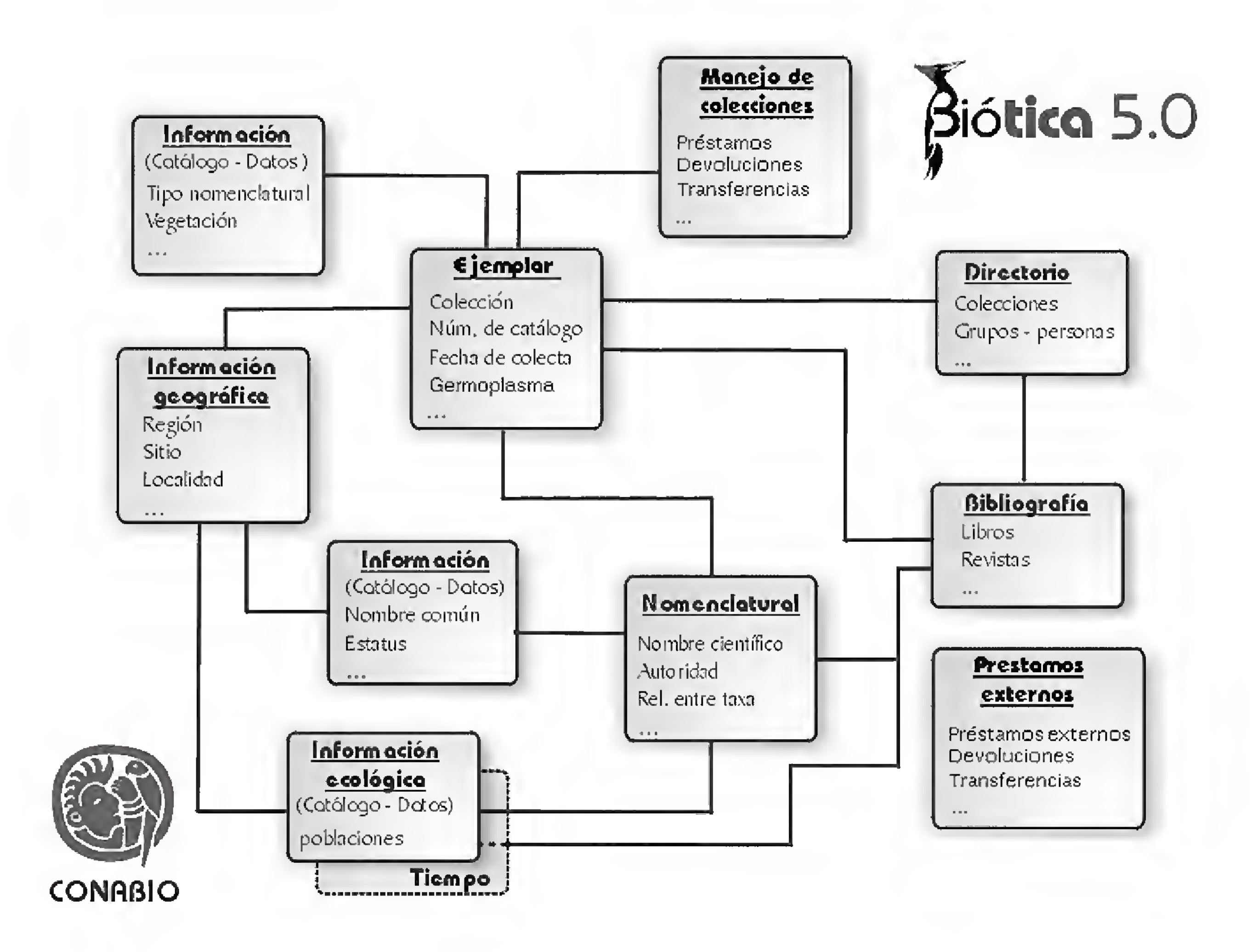


Fig. 1. Esquema general del modelo de datos de Biótica© 5.0.

En el Directorio se captura información de las instituciones y colecciones que resguardan a los ejemplares biológicos como el nombre, siglas, dirección, entre otros, así como grupos de determinadores, colectores u observadores y autores de publicaciones.

La captura y actualización de los nombres científicos con su correspondiente categoría taxonómica, así como los nombres sinónimos, basónimos, etc., se realiza en el módulo Nomenclatural. En esta sección se puede asociar a los nombres científicos, archivos externos al sistema, como imágenes, sonidos, páginas electrónicas, hojas de cálculo; así como, asociar nombres comunes al taxon, a regiones, a características físicas y ambientales y citas bibliográficas.

En el módulo Ejemplar se ingresa la información de la recolecta, observación o registro bibliográfico del ejemplar, como son el nombre científico, la colección a la cual pertenece, sus datos geográficos, el hábitat y microhábitat, las personas que lo colectaron y determinaron, así como la historia de las determinaciones del ejemplar. En esta sección también se puede capturar información biótica y abiótica organizada en su mayoría en catálogos, además es posible la

asociación del ejemplar con archivos externos como imágenes, sonidos, páginas web, hojas de cálculo, etc.

Biótica© contiene un módulo de Información Ecológica, que está dividido en catálogos de parámetros asociados a la población (p. ej. demografía, conducta, reproducción, aspectos físicos del ambiente, etc.) donde es posible clasificar al organismo asociado al estudio (organismo vivo modificado, silvestre, etc.); catálogo de investigadores, que permite ingresar los nombres de los especialistas que llevan a cabo el estudio y poblaciones por taxon donde es posible ingresar datos de una población para toda el área de distribución, o bien para regiones definidas dentro del área de distribución, para todo el periodo de estudio o para una fecha determinada.

En la sección de Información Geográfica se pueden ingresar datos referentes a la localización de los lugares de observación, reporte o recolecta de un ejemplar como son regiones, sitios (coordenadas geográficas o métricas que representan puntos, líneas, polígonos o puntos radio) y localidades. Estos datos pueden estar asociados a la distribución de taxones (regiones), a los nombres comunes y al estudio poblacional. También es posible definir la distribución de taxones mediante la asociación con objetos geográficos (líneas, polígonos y puntos) de mapas digitalizados.

En el módulo Bibliografía se ingresan los datos de las citas bibliográficas (libros, memorias, tesis, artículos, capítulos de libros, entre otros) que pueden relacionarse al ejemplar, al nombre científico o común, a la sinonimia o basónimo, etc., a los catálogos para la nomenclatura, a la información del módulo ecológico y a los préstamos de ejemplares.

Biótica© cuenta con una herramienta de ayuda para el Manejo de Colecciones en lo que se refiere al préstamo, devolución y envío de ejemplares a otras instituciones, así como extensiones de tiempo de los préstamos, envíos, transferencias y devoluciones totales o parciales de material prestado.

La información que se ingresó a la base de datos de Biótica© se puede consultar por medio de una herramienta de reportes dinámicos que puede diseñar el usuario de acuerdo con sus necesidades de información.

La principal fuente de información de la CONABIO sobre la biodiversidad son los proyectos realizados por instituciones de investigación y enseñanza superior del país y organizaciones no gubernamentales; otra fuente es la obtención de datos de especímenes mexicanos que se encuentran en herbarios y museos de otros países. La información de los especímenes que recibe la CONABIO se encuentra en diferentes formatos (Biótica©, entidad-relación, tabla plana, hojas de cálculo, etc.).

Debido a la procedencia de los datos y sus diferentes formatos, es necesario revisar y estandarizar la información de cada una de las bases para que sean compa-

tibles con el SNIB. Para revisar la información de las bases de datos, la CONABIO ha implementado un procedimiento de detección de errores e inconsistencias que permite evaluar la calidad de sus datos, en términos de confiabilidad y exactitud, tanto en los aspectos biológicos, como técnicos. Este procedimiento es conocido como el control de calidad de las bases de datos taxonómicas-biogeográficas. En la figura 2 se muestra de manera general el procedimiento seguido desde que la base de datos de cada proyecto llega a la CONABIO, hasta que se termina la revisión de la información contenida en la base. En el Cuadro 1 se encuentran las herramientas que se utilizaron para realizar el control de calidad.

Cuadro 1. Principales herramientas utilizadas en el procedimiento de revisión, análisis y validación de los datos taxonómicos-biogeográficos para la detección de posibles errores en CONABIO.

Microsoft Access (en varias de sus versiones)	Access, es un software desarrollado por Microsoft®, permite manejar los datos mediante tablas (formadas por filas o registros y columnas o variables), crear relaciones entre tablas, elaborar consultas y formularios para introducir datos o informes para extraer la información.
Automatización de consultas en Access	Una consulta es una pregunta que se hace a la base de datos a partir de requerimientos específicos de información, el resultado de una consulta nos ayuda a recobrar la información para poder analizarla. Las consultas son diseñadas exprofeso para la búsqueda de cada tipo de error y facilitan la revisión de las bases de datos.
Catálogos de autoridades taxonómicas	Son bases de datos de catálogos basados en sistemas de clasificación y arreglos taxonómicos recientes y ampliamente usados por la comunidad científica. Son utilizados en la revisión de los datos de nomenclatura. Algunos disponibles en: http://www.conabio.gob.mx/informacion/catalogo_autoridades/doctos/electronicas.html
Sistema de información Biótica©	Permite el manejo eficiente de datos curatoriales, de nomenclatura, geográficos, bibliográficos y de parámetros ecológicos. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/biotica5/
Verificador de modelos de datos	Es una herramienta que permite comparar estructuras de bases de datos creadas en Access, compara tablas, campos, tipos de datos, campos obligatorios, relación entre tablas, índices, reglas de validación, llaves primarias y foráneas, generando reportes de las diferencias existentes. La herramienta está incluida en el Sistema Biótica©

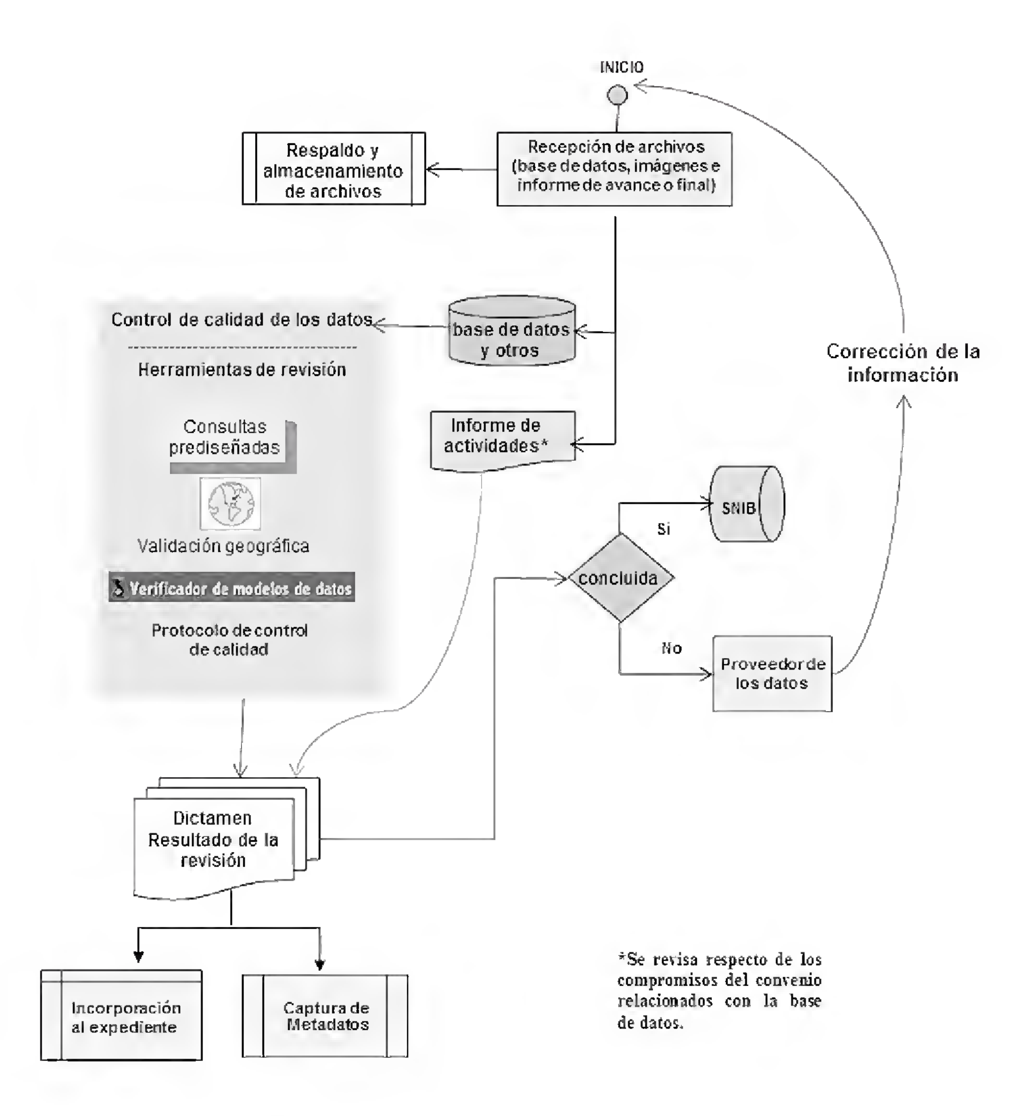


Fig. 2. Diagrama de flujo del procedimiento seguido en la CONABIO desde el ingreso de las bases de datos que aportan datos sobre biodiversidad (modificado de CONABIO, 2006).

MATERIAL Y MÉTODO

El proceso de biocuración se puede clasificar en cuatro etapas: conceptualización, diseño y captura de los datos (en líneas discontinuas), normalización (en líneas continuas), anotación punteada y análisis y publicación en línea heterogénea (Fig. 3).

El proceso de biocuración en la CONABIO inicia con la revisión de la estructura de la base de datos, de los campos y tipos de datos que deben ser acordes con la concepción y planificación de los datos digitales que se van a manejar. Esta revisión es importante ya que en algunas ocasiones el administrador de la base de datos modifica la estructura establecida entre la CONABIO y la institución del proponente, y en consecuencia se altera el contenido. En la mayoría de los casos tales cambios no son realizados de forma adecuada, lo que ocasiona pérdida de información o de integridad de datos; por ejemplo, pueden añadir datos no válidos o modificar los

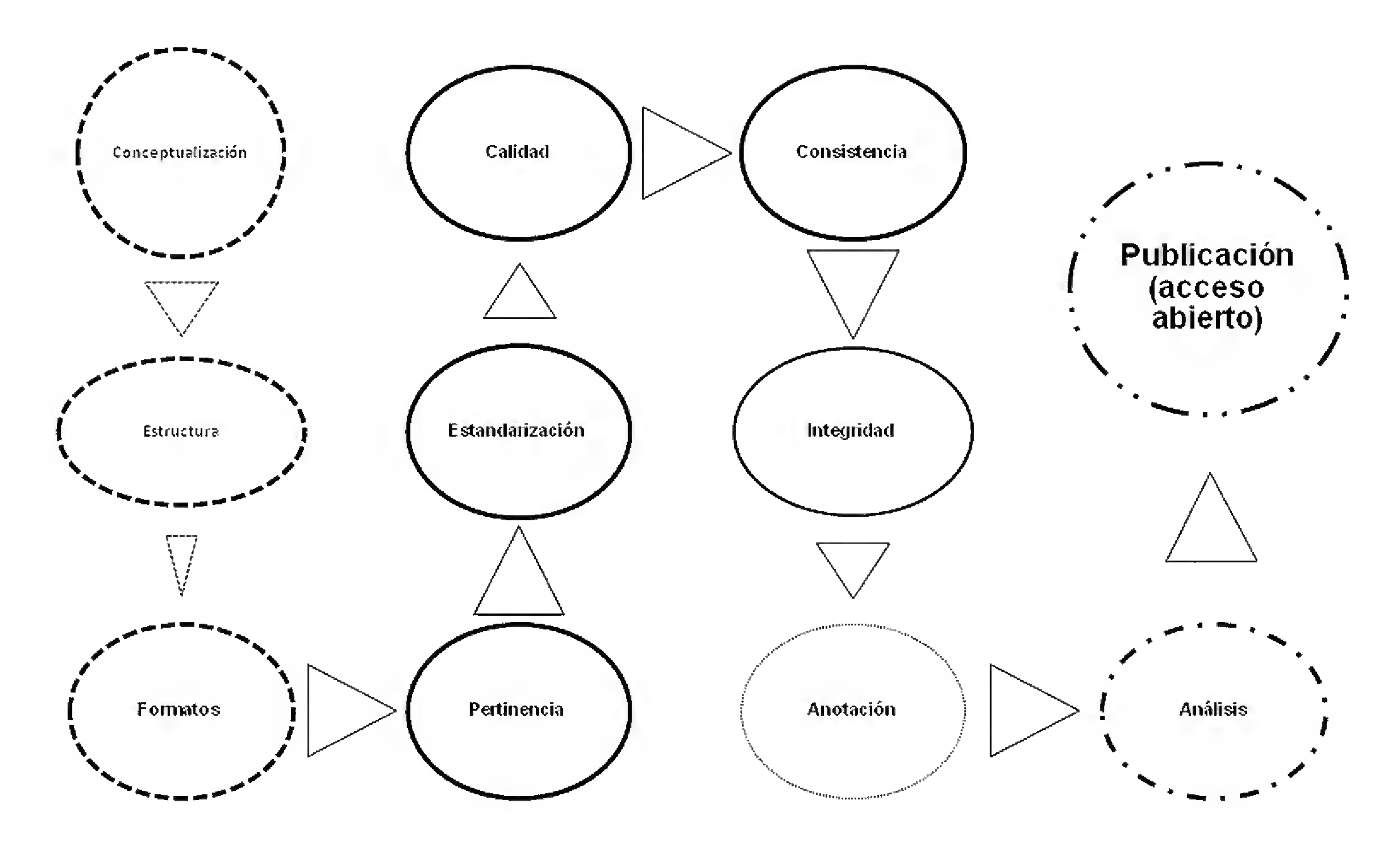


Fig. 3. Etapas y procesos en la biocuración de datos biológicos en formato digital.

existentes tomando un valor incorrecto. También se presentan modificaciones en las bases de datos por errores en el sistema manejador de la base de datos, muchos de ellos ocasionados por fallas en el suministro de energía eléctrica o cambios bruscos de voltaje al momento de guardar la información, o simplemente por medios de almacenamiento defectuosos o contaminados.

La fase denominada normalización establece la calidad de la información de una base de datos y para esto se examina su contenido; para facilitar el manejo y reconocimiento de la información ésta se clasifica en diferentes subconjuntos denominados capas: Curatorial, Taxonómica, Geográfica, Bibliográfica, Colecciones e Instituciones, Colectores y Determinadores. Estos subconjuntos pueden variar según el tipo de proyecto que aporta los datos y se discuten a continuación.

Capa curatorial: Contiene el nombre y siglas de la colección que resguarda al ejemplar, el nombre científico, localidad (sitio de colecta y referencias geográficas del sitio, altitud o profundidad del sitio de colecta), nombre del colector, número de colecta, nombre del determinador, fecha de colecta y determinación (día mes y año), así como información de la restricción de uso de los datos del ejemplar, como son la fecha y motivos de la restricción. Dependiendo del grupo taxonómico, las bases

pueden contener otra información asociada al ejemplar como son: datos merísticos y características morfológicas, entre otros.

Capa taxonómica: Se refiere a los nombres científicos asociados a los ejemplares o involucrados en interacciones biológicas, así como los sinónimos, equivalencias e híbridos. Con ayuda de catálogos de autoridad, se verifica el estatus válido del nombre del taxon, la autoridad y año de la descripción del nombre, se revisa que estén bien escritos y su correspondencia con un sistema de clasificación o listado taxonómico especificado en los acuerdos del convenio con la CONABIO; también se certifica si han sido asociados con un ejemplar u observación de campo.

Capa geográfica: Hace referencia a la información geográfica asociada al ejemplar, como país, estado, municipio y localidad de recolecta. Se comprueba que la información geográfica corresponda con los catálogos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Se revisa que los datos de latitud y longitud estén capturados en el sistema GG:MM:SS (grados, minutos y segundos) y que se indique el método de obtención de la coordenada geográfica. Asimismo se corrobora que las coordenadas geográficas se ubiquen dentro del estado, municipio o región donde se realizó la recolecta, registro visual o evidencia biológica de cada ejemplar.

Capa bibliográfica: Aquí se revisa que las citas bibliográficas tengan los datos mínimos necesarios para localizar una publicación, como son: autores, fecha y título del artículo, capítulo o libro, nombre de la revista, editor/compilador, editorial, ciudad de la publicación, volumen, número y páginas consultadas.

Capa de colecciones e instituciones: Se revisan los datos relacionados con las instituciones, colecciones o herbarios en donde se encuentran resguardados los ejemplares, así como que se haya capturado el nombre y acrónimo oficiales de la colección y de la institución.

Capa de colectores y determinadores: En esta sección se analizan los nombres de los investigadores que colectaron, observaron o determinaron al ejemplar. Se verifica que estén completos con el apellido paterno, apellido materno y el nombre.

La normalización de la información de cada base de datos se realiza utilizando consultas diseñadas exprofeso para cada capa de información y para cada tipo de error y son de varios tipos: selección, actualización de datos, eliminación, creación de tablas y unión de datos, así como consultas más complejas o específicas estandarizadas con SQL (Structured Query Language, por sus siglas en inglés).

Cuando se encuentra información en algunos campos de texto donde no es posible establecer criterios de búsqueda que ayuden a automatizar una consulta, se tiene que hacer una revisión exhaustiva de todos los datos, de manera no automática y con cierto margen de imprecisión o usando una medida meramente estimada. Si

las bases de datos contienen miles de registros, se toma una muestra aleatoria de la información para realizar la revisión, y en cada avance o informe parcial se verifica una nueva muestra de datos hasta haber revisado, de ser posible en toda la información completa.

En la información biológica existen errores que únicamente se pueden detectar, en gran medida, gracias a la formación y experiencia biológica que el revisor de la base de datos tiene sobre el tema y el grupo taxonómico. Un analista con estudios de biólogo tiene los conocimientos suficientes sobre aspectos variados acerca de la biodiversidad, sin embargo, también es muy útil que haya realizado trabajo de campo y de gabinete para tener un panorama más completo sobre el tema.

RESULTADOS

Para cada uno de los tipos de información se identificaron los diferentes errores que frecuentemente cometen los curadores de la base de datos y se clasificaron en siete tipos: omisión, tipográficos, contexto, redundancia, convención, uniformidad y congruencia (Fig. 4).

Para dar una idea acerca del resultado del control de calidad de la información que se efectúa y lo que se puede encontrar en una base de datos, a continuación se muestran algunos ejemplos.

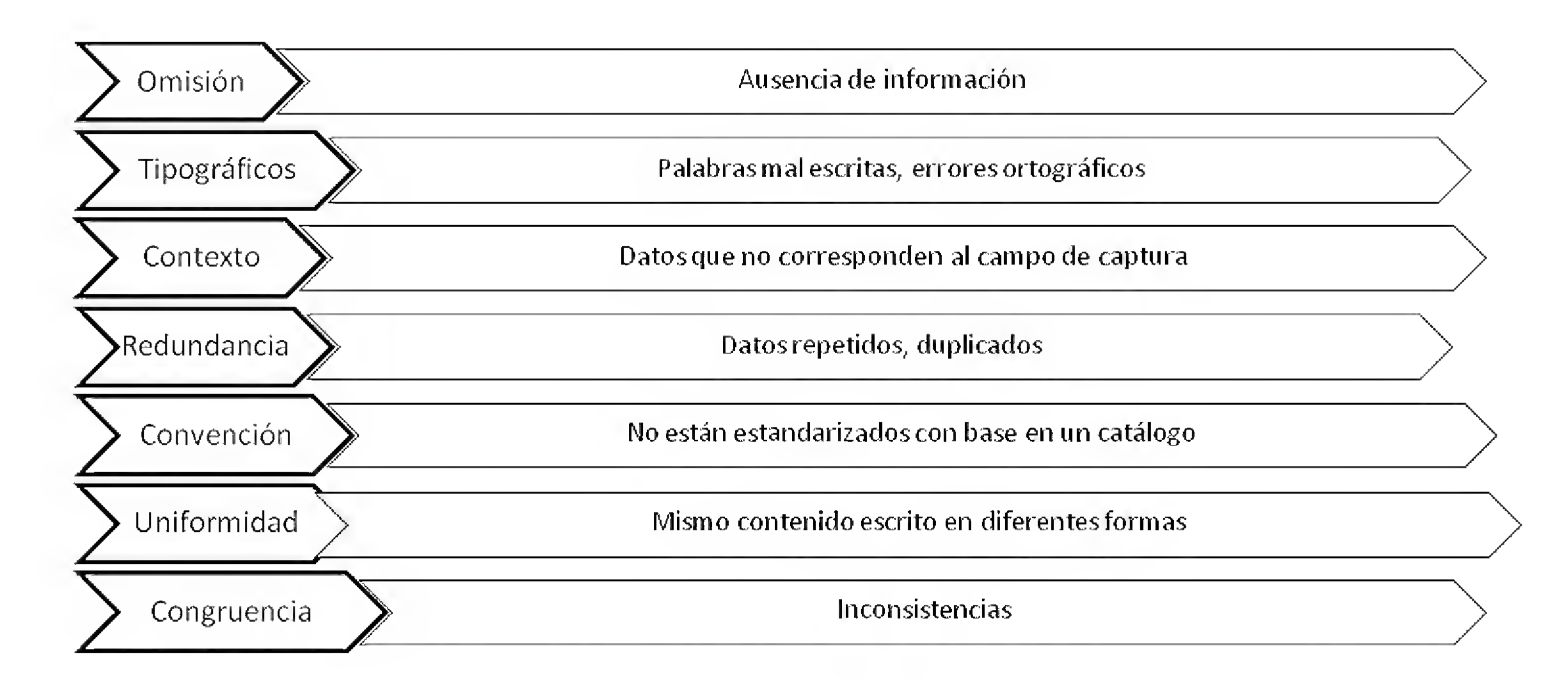


Fig. 4. Los siete tipos de normalización ejemplificados en este trabajo.

Omisión. Se encontraron ejemplares resguardados en una colección entomológica anotados como “sin *Número de catálogo*” (Cuadro 2). Esto parece ser un error ya que los insectos deben de tener número de catálogo cuando están determinados y montados en alfiler entomológico para su ingreso a la colección.

Cuadro 2. Ejemplares con número de catálogo ND = dato no disponible.

Identificador del ejemplar	Categoría taxonómica	Nombre científico	Procedencia del ejemplar	Número de catálogo	Tipo de preparación
1227	especie	*Strymon bazochii*	Colectado	**ND**	Alfiler Entomológico
2765	subespecie	*Baeotis zonata zonata*	Colectado	**ND**	Alfiler Entomológico
2774	subespecie	*Melanis pixe pixe*	Colectado	**ND**	Alfiler Entomológico

Tipográfico. Los errores tipográficos son muy comunes en los campos de tipo texto; por ejemplo, el Cuadro 3 muestra la descripción de localidades que carecen de espacio para separar el texto o bien presentan más de un espacio, asimismo se resalta que hay otro tipo de equivocaciones que se presentan, como la falta el acento en la palabra “Tehuacan” y el uso indistinto de español e inglés en la descripción de una misma localidad.

Cuadro 3. Descripción de localidades con errores tipográficos

Identificador de la localidad	Nombre de la localidad original
338	PUE-OAX, **2 mi S state line**, **Carretera125**
685	**TuxtlaGutiérrez**, 4 km al N.E. de
698	20 km N. **Tehuacan**, cerca de **Loma Colorada**

En el Cuadro 4 se muestran erratas tipográficas que se presentan comúnmente en la información taxonómica, como son: espacios adicionales o falta de espacio en el nombre científico y en el nombre de la autoridad. Asimismo, se resalta un error en la categoría taxonómica donde aparece mal escrita la palabra “especie”.

Cuadro 4. Información taxonómica con errores tipográficos.

Identificador del nombre	Categoría taxonómica	Nombre científico	Nombre autoridad
1670	especie	*Heliopsis parvifolia*	**A.Gray**, 1853
1688	especie	*Chaptalia lyratifolia*	**Bur kart**, 1944
1683	**especier**	*Brickellia* ***lemmo nii***	**A. Gray**, 1882

Contexto. Los errores que se consideran de contexto son datos o parte de los mismos que no corresponden a la definición del campo. Estos datos hay que eliminarlos y capturarlos en el campo que le corresponda. El Cuadro 5 muestra la descripción de una localidad capturada en el campo que corresponde al hábitat y en el Cuadro 6 información que no corresponde al campo *Sexo*, en el que únicamente se captura la condición biológica masculina, femenina o hermafrodita del ejemplar.

Cuadro 5. Información de la localidad capturada en el campo *Hábitat.*

Identificador del ejemplar	Categoría taxonómica	Nombre científico	Hábitat
584	subespecie	*Heliconius charithonius vazquezae*	**Tuxtla Gutiérrez, 4 km al NE de**

Cuadro 6. Información que no corresponde al campo *Sexo*

Identificador del ejemplar	Categoría taxonómica	Nombre científico	Sexo
1137	subespecie	*Hemiargus hanno antibubastus*	**Adulto**
1343	subespecie	*Microtia elva elva*	**Colectado**

Redundancia. Si se considera que los números de colecta son únicos por colector y que éstos no se repiten (a menos que el colector realice recolectas por lotes, como en el caso de los peces que se recolectan con redes), son errores de redundancia a los ejemplares del Cuadro 7 que presentan mismos números de colecta, y fueron colecta-

dos por la o las mismas personas. Para descartar un posible desacierto en los ejemplares del Cuadro 7, se debe verificar el método y la fecha de la recolecta del ejemplar, ya sea en la etiqueta del ejemplar o si existiera, en la libreta de campo del colector.

Convención. Son datos capturados sin utilizar convenciones establecidas, ni estándares de información. Por ejemplo, en los nombres de personas los países hispanohablantes utilizan el sistema de doble apellido (paterno y materno). En los países anglosajones y muchos países europeos sólo se utiliza un apellido, normalmente el paterno, precedido de uno o dos nombres.

Cuadro 7. Ejemplares de diferentes especies con mismo número de colecta y mismos colectores.

Identificador del ejemplar	Categoría taxonómica	Nombre científico	Procedencia	Número de colecta	Identificador del grupo	Colectores
584	Especie	*Heliconius charithonius*	Colectado	**10697**	131	Máximo Martínez & Luis Lamberto González Cota
710	subespecie	*Zerene cesonia cesonia*	Colectado	**10697**	131	Máximo Martínez & Luis Lamberto González Cota
1137	subespecie	*Hemiargus hanno antibubastus*	Colectado	**10747**	131	Máximo Martínez & Luis Lamberto González Cota
1343	subespecie	*Microtia elva elva*	Colectado	**10747**	131	Máximo Martínez & Luis Lamberto González Cota
1136	Especie	*Hemiargus hanno*	Colectado	**10748**	131	Máximo Martínez & Luis Lamberto González Cota
1543	subespecie	*Pyrisitia dina westwoodi*	Colectado	**10748**	131	Máximo Martínez & Luis Lamberto González Cota

En el Cuadro 8 se muestran algunos nombres de origen hispano los cuales en el campo Apellido materno presentan una inicial. El acuerdo de captura para esta

información es que en los campos de apellido paterno, materno y nombre de colectores, determinadores y autores de publicaciones, no se debe capturar iniciales. Si no se cuenta con la información completa deberán capturar el dato ND que quiere decir que se trata de información no disponible. Para los nombres que no utilizan el apellido materno, el acuerdo de captura establece que deberán capturar NA que equivale a “No aplica”, como se ejemplifica en el registro con identificador de la persona 4724.

Uniformidad. Es importante que exista consenso en la captura del tipo texto, ya que esto facilita la consulta de información. Por ejemplo, se considera un error de uniformidad a los registros del campo “Tipo de preparación” del ejemplar (Cuadro 9), que corresponden a una misma descripción escrita en forma diferente, por lo que en este caso se debe corregir (uniformar) la información a un mismo dato, podría ser: En sobre.

Cuadro 8. Nombres de personas con abreviaturas.

Identificador de la persona	Abreviado	Apellido paterno	Apellido materno	Nombre
4724	M. Douglas	Douglas	**NA**	**ND**
4736	M. Fuentes C.	Fuentes	**C**.	Mario
4690	M. Martínez A.	Martínez	**A.**	Máximo
4596	J. Camelo G.	Camelo	**G.**	Joaquín

Cuadro 9. Datos de tipo de preparación sin uniformidad.

Identificador del ejemplar	Categoría taxonómica	Nombre científico	Número de catálogo	Tipo de preparación
23153	subespecie	*Urbanus dorantes dorantes*	130668	**En sobre**
23126	especie	*Urbanus procne*	130671	**Sobre**
23127	subespecie	*Noctuana lactifera bipuncta*	130672	**En un sobre**
21258	especie	*Urbanus procne*	130672	**En sobres**

Congruencia. Se refiere a datos erróneos, inexactos o inconsistentes. En el Cuadro 10 se muestran taxones que no corresponden a la categoría taxonómica asig-

nada y también la categoría taxonómica a la que realmente corresponden. En el Cuadro 11 se ejemplifica una misma especie descrita por el mismo autor en distinto año.

Cuadro 10. Taxones que no corresponden a la categoría taxonómica asignada.

Identificador del nombre	Categoría taxonómica	Nombre científico	Nombre autoridad	Categoría taxonómica correcta
1534	**subespecie**	*Desmodium psilophyllum*	Schltdl., 1838	**Especie**
1533	**división**	Liliopsida	L., 1753	**Clase**
1529	**subgénero**	*Asclepias*	A. Gray, 1985	**género**

Cuadro 11. Misma especie descrita en diferente año por el mismo autor.

Identificador del nombre	Categoría taxonómica	Nombre científico	Nombre autoridad
625	especie	*Cichlasoma urophthalmus*	Günther, **1862**
169	especie	*Cichlasoma urophthalmus*	Günther, **1864**

Considerando que en México un biólogo termina la licenciatura aproximadamente a los 23 años y suponiendo que a esa edad inicia su labor como colector y que el promedio de esta actividad es de aproximadamente 40 años, un posible error serían los colectores cuyo intervalo de colecta es mayor de 40 años. En el Cuadro 12 se muestran algunos ejemplos en los que al revisar la base de datos se detectó este caso, se solicitó al investigador verificar la información en la etiqueta de los ejemplares asociados a estos ejemplares y se encontró que es correcta, a pesar de que parece incongruente.

En el Cuadro 13 se muestran lugares cuyas coordenadas geográficas fueron verificadas en un mapa, el resultado fue que los sitios se encuentran en un estado diferente al que tienen asociado en la base de datos.

La CONABIO ha documentado el control de calidad de la información de las bases de datos biológicas en un documento de consulta interna llamado “Protocolo

Cuadro 12. Colectores con más de 40 años de trabajo de colecta.

Identificador de la persona	Apellido paterno	Apellido materno	Nombre	Abreviado	Año mínimo	Año máximo	Intervalo
848	Llorente	Bousquets	Jorge Enrique	J. E. Llorente B.	1966	2008	**42**
4452	Pérez	ND	Gonzálo	G. Pérez H.	1945	1994	**49**
3861	Díaz	Francés	Alberto	A. Díaz F.	1937	1996	**59**
412	Escalante	ND	Tarsicio	T. Escalante	1925	1996	**71**

Cuadro 13. Sitios inconsistentes respecto del estado.

Identificador del sitio	Tipo de sitio	Estado según la validación geográfica	Estado según la base de datos	Latitud	Longitud	Resultado
804	Punto	Guerrero	Oaxaca	17° 39' 6"	-99° 50' 24"	Inconsistente
176	Punto	ND	Baja California	28° 37' 3"	-112° 33' 6"	Inconsistente

de control de calidad". Por otro lado, existe un documento llamado "Instructivo para la conformación de bases de datos taxonómico-biogeográficas compatibles con el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad" (CONABIO, 2010), cuyo propósito es facilitar a los proveedores de las bases de datos biológicas su elaboración, para hacerlos compatibles con el SNIB. En él se describen los campos que son de llenado obligatorio para su ingreso al SNIB que se actualiza cada año y está disponible en la página www.conabio.gob.mx.

DISCUSIÓN

Respecto al manejo de bases de datos biológicas, es importante considerar que desde el inicio de un proyecto se deben diseñar y adecuar los campos a utilizar en las bases de datos que no usan el modelo Biótica©, de tal forma que la información que se repite con mayor frecuencia se capture una sola vez. Biótica© cuenta con catálogos de autoridad precapturados que evitan la duplicidad de información, así como con una sección de configuración en la que el usuario puede predefinir datos

de uso frecuente o repetitivo en el sistema. Por ejemplo, si la base de datos es de un solo estado de la República Mexicana, se define la autocaptura de esa entidad para todos los nuevos registros de la base.

Atomizar datos ayuda a aumentar la calidad de la información; por ejemplo es mejor dividir el nombre científico en dos campos: género y especie, en lugar de mantenerlo unido en un solo. En el modelo de datos Biótica© hay muchos campos atomizados que evitan la captura de información ambigua y permiten agrupar los registros para verificar la información.

Es importante contar con herramientas de verificación de la información tales como gaceteros, que son listados o diccionarios de localidades de una región determinada y pueden contener coordenadas geográficas, nombre del estado, municipio, distrito, catálogos de autoridad taxonómica, listados de nombres, diccionarios de datos, entre otros. La CONABIO en general y el programa Biótica© en particular, cuentan con un número importante de estas herramientas que ayudan a la validación de la información; sin embargo, siempre se debe actualizar, corregir y completar la información existente, es decir debe estar en constante actualización por los expertos de los diferentes grupos taxonómicos a través de proyectos de elaboración y actualización de catálogos.

Considerar que los errores más dificiles de reconocer en una base de datos son los de tipo taxonómico. Estos se pueden originar por una identificación incorrecta o mala determinación del ejemplar. Para evitar esto sería conveniente que se tuviera a disposición ilustraciones o claves ilustradas de las especies que ayuden a verificar la determinación de los ejemplares cuyos datos se van a ingresar a la base, y sería aún mejor contar con el apoyo de un taxónomo especialista y de ser posible corroborar en las colecciones científicas la información antes de capturarla.

Organizar los datos en conjuntos ayuda a la detección de errores, así como en la validación y corrección de la información; por ejemplo el ordenar los datos del mismo tipo con diferentes parámetros como los números de colecta con fecha de colecta y datos del colector permite detectar inconsistencias que no se aprecian si se revisan en campos separados.

La fusión o unión de bases de datos también puede crear nuevos errores, como duplicidad en los registros, por lo que no es recomendable eliminarlos a menos de que se tenga la seguridad de que son duplicados ya que se corre el riesgo de desaparecer información valiosa. Esto aplica cuando un investigador tiene dos bases de datos o más y quiere unirlas para continuar trabajando en una sola.

Es muy importante para el curador tener en todo momento el modelo y las características generales de la estructura y el contenido de cada base de datos (dic-

cionario de campos) para su consulta continua, así como para tener un panorama general de su contenido. También es recomendable documentar la versión del programa con el que fue creada y el manejador utilizado. Estas especificaciones son importantes para alguien que desea utilizarla, ya que podría empezar por consultar los requerimientos del programa que se necesita para poder acceder a la información.

Capacitar a los capturistas en el manejo de la base de datos y proporcionarles, desde el inicio de la captura, estándares *ad hoc* para reducir la tasa de error en la captura y mejorar la calidad de la información.

Para datos de tipo numérico es recomendable guardar las unidades en otro campo, ya que puede haber confusión al momento de capturar el valor numérico y registrarlo con unidades diferentes.

Los biocuradores deben elaborar múltiples respaldos de los datos en diferentes formatos y etapas de la generación de información y almacenarlos en distintos lugares, de preferencia fuera de las instalaciones donde se trabaja. De esta manera se minimiza el riesgo de pérdida de información. La CONABIO cuenta con respaldos en diferentes formatos de almacenamiento de todas las bases de datos, como son cintas magnéticas, discos Blu-ray, DVD y CD; estos se conservan tanto en las instalaciones de la CONABIO como en bóvedas de seguridad en empresas privadas que ofrecen este servicio de resguardo. Los responsables de los proyectos de bases de datos deben considerar la confiabilidad y seguridad del medio de respaldo que elijan; existen nuevas tecnologías que se ofrecen para hacer copias de seguridad, como es la plataforma de usuario conectada a un servidor donde la información está accesible para el usuario en todo momento.

Dado que los registros biológicos son un conjunto de datos complejos cuya interpretación solo es posible si es manejada por especialistas en los diferentes temas que tienen que ver con la biodiversidad, es importante que la gestión de las bases de datos biológicas, su validación, corrección y consulta, sean realizados por biólogos con conocimientos en tecnologías de la información. Es más factible capacitar a un biólogo en las tecnologías de la información y bases de datos que a un especialista en informática en todo el conocimiento biológico que se requiere para interpretar la información biológica.

La normalización determina en gran medida la calidad de la información para que ésta sea consistente, completa, exacta, e íntegra; para lograrlo hay que limpiar y validar los datos implementando estándares de calidad para corregir la información. Cada corrección debe estar documentada y disponible para los usuarios subsecuentes y que ellos sean los que determinen la conveniencia del uso de

los datos, se debe indicar qué controles de calidad se han seguido, qué cambios se han hecho y quién los ha hecho. Esta información debe estar asociada a cada registro correspondiente.

Se puede reducir el esfuerzo y tiempo invertidos en la revisión y validación de la información si se incluye en el diseño de la base algunos campos que indiquen si ha sido verificada (cómo, cuándo, quién los modificó y el resultado de dicha validación). Se puede hacer un archivo externo con esta información asociado a la base de datos, que sería muy útil en los datos de tipo geográfico o en los datos taxonómicos. Esto mejora el proceso del control de calidad y reduce tiempos y costos de revisión, para tener una base confiable y de óptima calidad.

Es importante priorizar la información y el tipo de error a corregir y enfocarse en solicitar únicamente la corrección de los datos que son relevantes, con la finalidad de que los usuarios puedan hacer un uso inmediato de los resultados y no tarde tanto tiempo la corrección de una base de datos. Por ejemplo conviene priorizar la corrección de errores taxonómicos y geográficos por sobre la corrección de texto en los campos de observaciones.

Establecer indicadores de calidad que ayuden a tener una idea clara de qué tan limpios, validados y confiables son los datos de una base; por ejemplo, se puede indicar qué porcentaje de ellos están georreferenciados, el porcentaje de registros geográficos validados in situ, el porcentaje de registros validados por un taxónomo experto, o el porcentaje de datos completos, entre otros. Documentar en un archivo asociado a la base de datos el por qué se capturó un valor "nulo", "no disponible o "no aplica" cuando estos casos se den.

Prevenir los errores es mejor que corregirlos, por lo que hay que asegurar que no vuelvan a ocurrir o que la probabilidad de que sucedan sea menor. Esto se puede trabajar mediante la retroalimentación directa entre los que revisan las bases de datos y los proveedores de la información y viceversa. Para ello es importante la comunicación, misma que se facilita cada vez más por las aportaciones de las nuevas tecnologías de la información y comunicación.

Los avances tecnológicos unidos al desarrollo informático han permitido que los biólogos utilicen estas herramientas, aunadas a sus conocimiento sobre biología, para facilitar el manejo y análisis de gran cantidad de información que obtenemos de la naturaleza, para responder preguntas que ayuden a la toma de decisiones en la administración de recursos naturales, así como para resolver problemas de interés biológico para el bienestar social (Bisby, 2000).

Los biólogos que se han capacitado como técnicos en el manejo de las bases de datos sobre biodiversidad que administra la CONABIO requieren de un perfil

específico común a todos los biocuradores. Preferentemente deben conocer el trabajo que realiza el biólogo en el campo y en las diferentes líneas de investigación (entomología, botánica, mastozoología, herpetología, etc.); también deben tener cierto grado de conocimiento del manejo de colecciones científicas, así como de la historia natural y la distribución geográfica de las especies, además de contar con habilidad para investigar los temas que no aprendieron durante su formación profesional (Sanderson, 2011). Esto permitirá tener una mejor idea de la información que, por ejemplo, debe contener una etiqueta de un ejemplar, dependiendo del taxon bajo estudio o de los datos necesarios para evaluar la situación de los recursos naturales, o especies amenazadas, etc. Asimismo, deben tener la capacidad necesaria para identificar la información que no es propia del taxon, de la colección o del método de colecta, entre otras cosas. La capacitación del personal debe incluir manuales y herramientas computacionales que les sirvan para manejar, organizar, analizar o visualizar información biológica almacenada en las bases de datos (Heidorn et al., 2007).

Sin duda alguna, uno de los requerimientos indispensables es el conocimiento y enseñanza de esta especialidad y enfoques. Los biólogos del siglo XXI deben contar con entrenamiento en el uso de las aplicaciones informáticas para poder incorporarse a este campo laboral actual. De esta forma, es importante que se incluya en los planes de estudio de las carreras biológicas materias relacionadas con la ciencia de la computación (manejo de bases de datos, uso de manejadores de bases de datos como es el Access, Sistemas de Información Geográfica, Percepción Remota, modelado de información, entre otros), como una base más para el manejo de información biológica que ayude a los biólogos egresados a desarrollar proyectos de investigación y a la toma de decisiones para resolver problemas biológicos. Es importante que los planes de estudios fomenten la participación de sus estudiantes en proyectos de investigación, desde su creación (conceptual) hasta las diferentes etapas de desarrollo y su terminación, pero además que participen en la publicación de resultados, todo como parte de su formación profesional. En cuanto a la investigación, se conocen pocos grupos mexicanos interesados formalmente en este tema. Sin duda esta tendencia pronto cambiará y veremos un desarrollo importante en cuanto a la biocuración de las colecciones mexicanas, a través de los productos básicos e indispensables de mayor impacto de esta especialidad, de tal forma que existan colecciones biológicas en línea que preserven, sistematicen y difundan datos biológicos, completos, de calidad, interoperables y de acceso abierto, disponibles para análisis sofisticados entre los que están la cienciometría, la minería de textos y la semántica, que tienen diversas aplicaciones biológicas.

AGRADECIMIENTOS

A dos revisores anónimos que permitieron la mejora sustantiva del artículo. Esta investigación se lleva a cabo gracias al financiamiento del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Ciencia Básica, Proyecto 13276 "Análisis de las ciencias biológicas en la actualidad 1980-2010", DGAPA, PAPIME, Proyecto PE212112 "Web 2.0 y 3.0 para dominio de la literatura biológica", PAPIIT IN214212, al IIIC, AC y por su apoyo a las base de datos MARIPOSA y a la CONABIO.

LITERATURA CITADA

Abbott, D. 2009. Interoperability. DCC Briefing Papers: introduction to curation. Digital Curation Centre. Edinburgh, UK. Consultado el 31 de marzo de 2014. http://hdl.handle.net/1842/3363

Ball, A. y M. Duke. 2012. How to cite datasets and link to publications. DCC How-to Guides. Edinburg: Digital Curation Centre. http://www.dcc.ac.uk/resources/how-guides/cite-datasets#x1-17000

Bisby, F. A. 2000. The quiet revolution: biodiversity informatics and the internet. Science 289(5488): 2309-2312.

Bourne, P. E. y J. McEntyre. 2006. Biocurators: contributors to the world of science. PLoS Comp. Biol. 2(10): e142. doi:10.1371/journal.pcbi.0020142

Burge, S., T. K. Attwood, A. Bateman, T. Z. Berardini, M. Cherry, C. O'Donovan, C. L. Xenarios y P. Gaudet. 2012. Biocurators and biocuration: surveying the 21st century challenges. Database: The Journal of Biological Databases and Curation. Database (Oxford). 2012: bar059. doi: 10.1093/database/bar059. Consultado el 31 de marzo de 2014. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3308150/

CONABIO. 2002. El Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. CONABIO. Biodiversitas 44: 3-13.

CONABIO. 2006. Procedimiento para el control de calidad en las bases de datos taxonómicas-biogeográficas que se integran al SNIB. Ver. 1.4. Documento interno, México, D.F., México. 14 pp.

CONABIO. 2008. Sistema de información Biótica©. Versión 5.0. Manual de usuario. México, D.F., México. 977 pp.

CONABIO. 2010. Instructivo para la conformación de bases de datos taxonómico-biogeográficas compatibles con el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. México, D.F. México. Consultado el 31 de marzo de 2014. http://www.conabio.gob.mx/web/proyectos/pdf/instructivos/instructivo_bd_2010.pdf

CONABIO. 2012. Sitio oficial de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. http://www.conabio.gob.mx

Davis, A. P., T. C. Wiegers, M. C. Rosenstein, C. G. Murphy y C. J. Mattingly. 2011. The curation paradigm and application tool used for manual curation of the scientific literature at the Comparative Toxicogenomics Database. Database: The Journal of Biological Databases and Curation 2011(0): bar034. doi:10.1093/database/bar034. Consultado el 31 de marzo de 2014. http://database.oxfordjournals.org/content/2011/bar034.full.pdf+html

EMBL-European Bioinformatics Institute. 2013. ELIXIR European Life Sciences Infraestructure for Biological Information ©. http://www.elixir-europe.org

Goble, C., R. Stevens, D. Hull, K. Wolstencroft y R. Lopez. 2008. Data curation + process curation=data integration + science. Briefings in Bioinformatics 9(6): 506-517. Consultado el 31 de marzo de 2014. http://bib.oxfordjournals.org/content/9/6/506.full

Heidorn, P. B. 2003. Biological informatics: a comparison of biodiversity informatics and neuroinformatics. Bull. Am. Soc. Info. Sci. Tech. 30(1): 12-13. doi: 10.1002/bult.298. Consultado el 31 de marzo de 2014. http://www.asis.org/Bulletin/Oct-03/heidorn.html.

Heidorn, P. B., C. L. Palmer, M. H. Cragin, y L. C. Smith. 2007. Data curation education and biological information specialists. DigCCurr2007: An International Symposium in Digital Curation. Paper and Presentation, Chapel Hill, North Carolina, April 18-20. 2007. North Carolina, USA. Consultado el 4 de abril de 2014. https://www.ideals.illinois.edu/handle/2142/2442

Higgins, S. 2008a. The DCC Curation Lifecycle Model. Proceeding of the 8th ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries. Pittsburgh, USA. p. 453. doi:10.1145/1378889.1378998

Higgins, S. 2008b. The DCC Curation Lifecycle Model. The International Journal of Digital Curation 3(1): 134-140. doi:10.2218/ijdc.v3i1.48. Consultado el 4 de abril de 2014. http://www.ijdc.net/index.php/ijdc/article/view/69/48

Higgins, S. 2009. The DCC Curation Lifecycle Model, TCDL Bulletin of IEEE Technical Committee on Digital Libraries 5(1): n.d. Recuperado Febrero 22, 2013. doi:10.2218/ijdc.v6i2.191. http://www.ieee-tcdl.org/Bulletin/v5n1/Higgins/higgins.html

Higgins, S. 2011. Digital curation: The emergence of a new discipline. The International Journal of Digital Curation 6(2): 78-88. doi:10.2218/ijdc.v6i2.191. Consultado el 4 de abril de 2014. http://www.ijdc.net/index.php/ijdc/article/view/184

Hirschman, L., G. A. P. Burns, M. Krallinger y C. Arighi. 2012. Text mining for the biocuration workflow. Database: The Journal of Biological Databases and Curation. Database (Oxford). 2012(0): bas020 doi:10.1093/database/bas020. Published online April 18, 2012. http://database.oxfordjournals.org/content/2012/bas020.full

Howe, D., M. Costanzo, P. Fey, T. Gojobori, L. Hannick, W. Hide, D. P. Hill, R. Kania, M. L., Schaeffer, S. St. Pierre, S. Twigger, O. White y S. Y. Rhee. 2008. Big data: the future of biocuration. Nature 455(7209): 47-50. doi: 10.1038/455047a. Published online 3 September 2008. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2819144/

Landsman, D., R. Gentleman, J. Kelso y B. F. Francis Ouellette. 2009. DATABASE: a new forum for biological databases and curation. Database (Oxford). 2009(0), bap002–bap002. Published online Mar 16, 2009. doi:10.1093/database/bap002. http://database.oxfordjournals.org/content/2009/bap002.full

Miotto, O., T. W.W. Tan y V. Brusic. 2005. Supporting the curation of biological databases with reusable text mining. Genome informatics 16(2): 32-44. Consultado el 9 de abril de 2014. http://www.jsbi.org/pdfs/journal1/GIW05/GIW05F011.pdf

Salimi, N. y R. Vita. 2006. The biocurator: connecting and enhancing scientific data. PLoS Comp. Biol. 2(10): el 25. Published online Oct 27, 2006. doi: 10.1371/journal.pcbi.0020125. http://www.ploscompbiol.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pcbi.0020125

Sanderson, K. 2011. BIOINFORMATICS: curation generation. Nature 470: 295-296.

Sarukhán, J. 1992. La coordinación de acciones en torno a la biodiversidad en México: una propuesta de prioridad nacional. In: Sarukhán, J. y R. Dirzo (eds.). México ante los retos de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D.F., México. pp. 291-299.

Schadt, E., M. D. Linderman, J. Sorenson, J. Lee y G. P. Nolan. 2010. Computational solutions to large-scale data management and analysis. Nat. Rev. Genet. 11(9): 647-657.

Shimoyama, M., G. T. Hayman, S. J. F. Laulederkind, R. Nigam, T. F. Lowry, V. Petri, y H. J. Jacob. 2009. The rat genome database curators: who, what, where, why. PLoS Comp. Biol. 5(11): e1000582. doi:10.1371/journal.pcbi.1000582.

Thornton, J. 2009. Data curation in biology – past, present and future. Nature Precedings. doi:10.1038/npre.2009.3225.1.http://precedings.nature.com/documents/3225/version/1

Trelles, O., P. Prins, M. Snir y Jansen, R.C. 2011. Big data, but are we ready? Nat. Rev. Genet. 12(3): 224.

Recibido en octubre de 2013.

Aceptado en abril de 2014.



Acta Botanica Mexicana 108: 105-111 (2014)

SQUAMANITA UMBONATA (FUNGI, AGARICALES, TRICHOLOMATACEAE), PRIMER REGISTRO EN MÉXICO

Alonso Cortés-Pérez[1], Gastón Guzmán[1,2] y Florencia Ramírez-Guillén[1]

[1]Instituto de Ecología, A.C., Apdo. postal 63,
91070 Xalapa, Veracruz, México.
[2]Autor para la correspondencia: gaston.guzman@inecol.mx

RESUMEN

Se registra por primera vez para la micobiota mexicana el género *Squamanita* con *S. umbonata*, procedente de un bosque de pino-encino en el estado de Veracruz. Esta especie ha sido citada de Estados Unidos de América (Pennsylvania y Massachusetts), China y Japón. El material estudiado coincide bien con el holotipo de *S. umbonata* y con otro espécimen del mismo país depositado en el herbario NY, estudiado por Bas.

Palabras clave: hongos, micoparásito, nuevo registro, taxonomía.

ABSTRACT

The genus *Squamanita* is reported for the first time in Mexico*,* with *S. umbonata* from a pine-oak forest in the state of Veracruz. This mushroom has been cited from the United States of America (Pennsylvania, Massachusetts), China and Japan. The Mexican specimen agrees well with the holotype of *S. umbonata*, and with a specimen from the United States of America deposited in the herbarium NY studied by Bas.

Key words: mushrooms, mycoparasite, new record, taxonomy.

INTRODUCCIÓN

El género *Squamanita* cuenta con 10 especies (Kirk et al., 2008) y se caracteriza porque los basidiomas se originan de un cecidiocarpo (hipertrofia en la base del

basidioma provocada por otro hongo), del cual se desarrollan uno o más basidiomas. Se distingue también porque presenta escamas flocosas en el estípite y en el píleo y por sus basidiosporas amiloides o inamiloides. Parasita a Agaricales como *Galerina*, *Hebeloma, Inocybe* y *Cystoderma*, entre otros (Bas, 1965; Redhead et al., 1994; Bas y Thoen, 1998; Mondiet et al. 2007; Matheny y Griffith, 2010). Es un género no muy común, pero se conoce de América del Norte y del Sur (Sumstine, 1914; Smith y Singer, 1948; Redhead et al., 1994; Bas y Laessoe, 1999), de Europa (Bas, 1965; Mondiet et al., 2007), África (Bas y Thoen, 1998) y de Asia (Harmaja, 1988; Wang y Yang, 2004). Ha sido confundido o interpretado como *Vaginata* (Sumstine, 1914) y *Cystoderma* (Smith y Singer, 1948). Sin embargo, no se había encontrado en México.

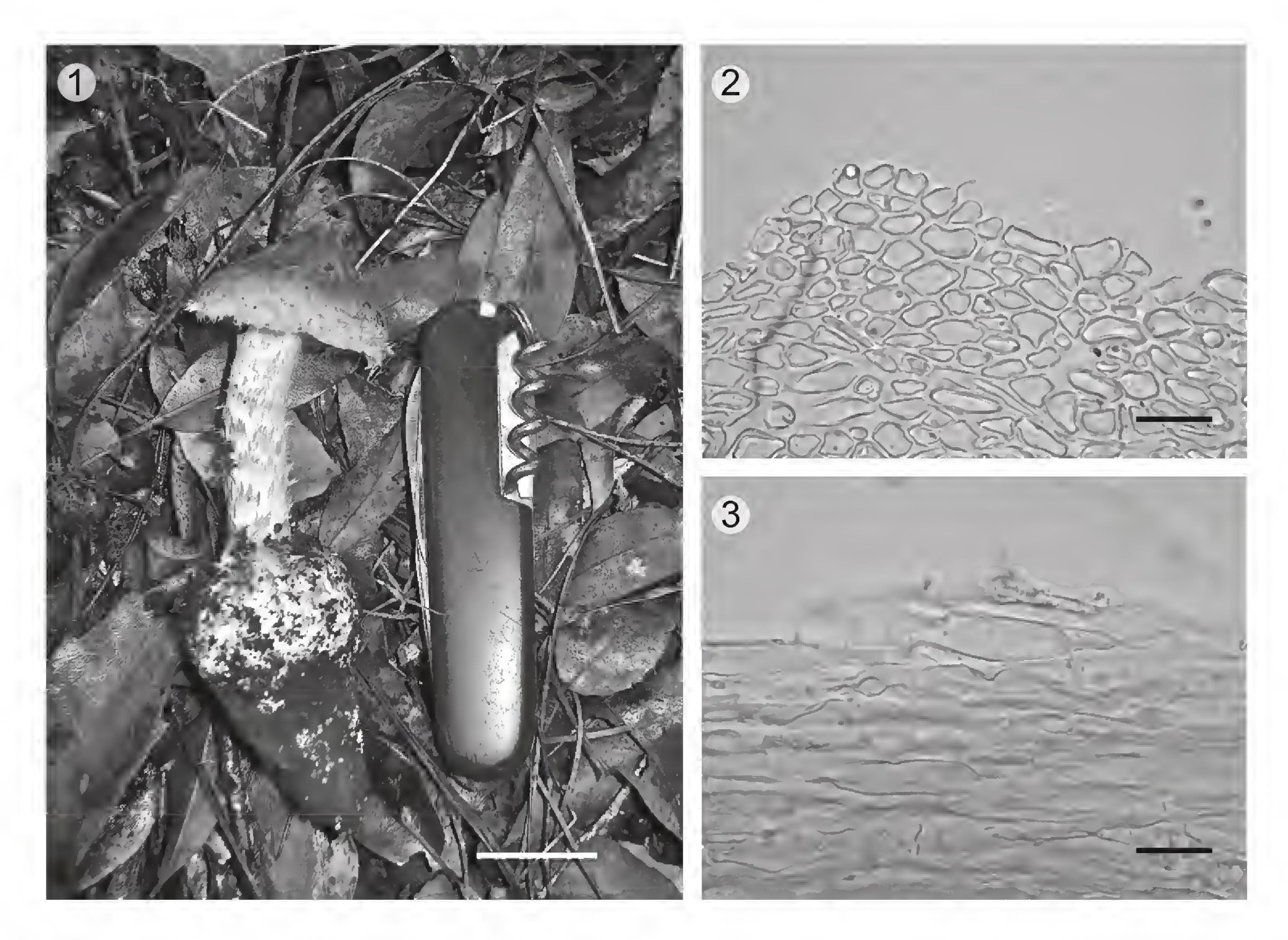
MATERIALES Y MÉTODOS

El material estudiado está depositado en la Colección de Hongos del Instituto de Ecología de Xalapa (XAL). Su análisis microscópico se basó en preparaciones elaboradas con cortes a navaja del basidioma y montadas en solución de KOH a 5% o rojo Congo, previamente rehidratados con alcohol de 70º, o con azul de algodón, azul de cresil o solución de Melzer, dependiendo de las características anatómicas observadas. Se estudiaron y midieron por lo menos 30 de las estructuras con valor taxonómico de cada uno de los basidiomas (el mexicano, el holotipo y el otro de NY), las cuales se dibujaron a escala. En las medidas del basidioma presentadas se da una del píleo y dos del estípite (longitud y grosor), debido a que solo se examinó un basidioma en la única colecta mexicana encontrada. Las medidas entre paréntesis en las estructuras microscópicas indican extremos poco frecuentes.

RESULTADOS

Squamanita umbonata (Sumst.) Bas, Persoonia 3: 334. 1965. Figs. 1-15.
= *Vaginata umbonata* Sumst., Mycologia 6: 35. 1914.
= *Armillaria umbonata* (Sumst.) Murrill, North. Amer. Fl. 10: 38. 1914.

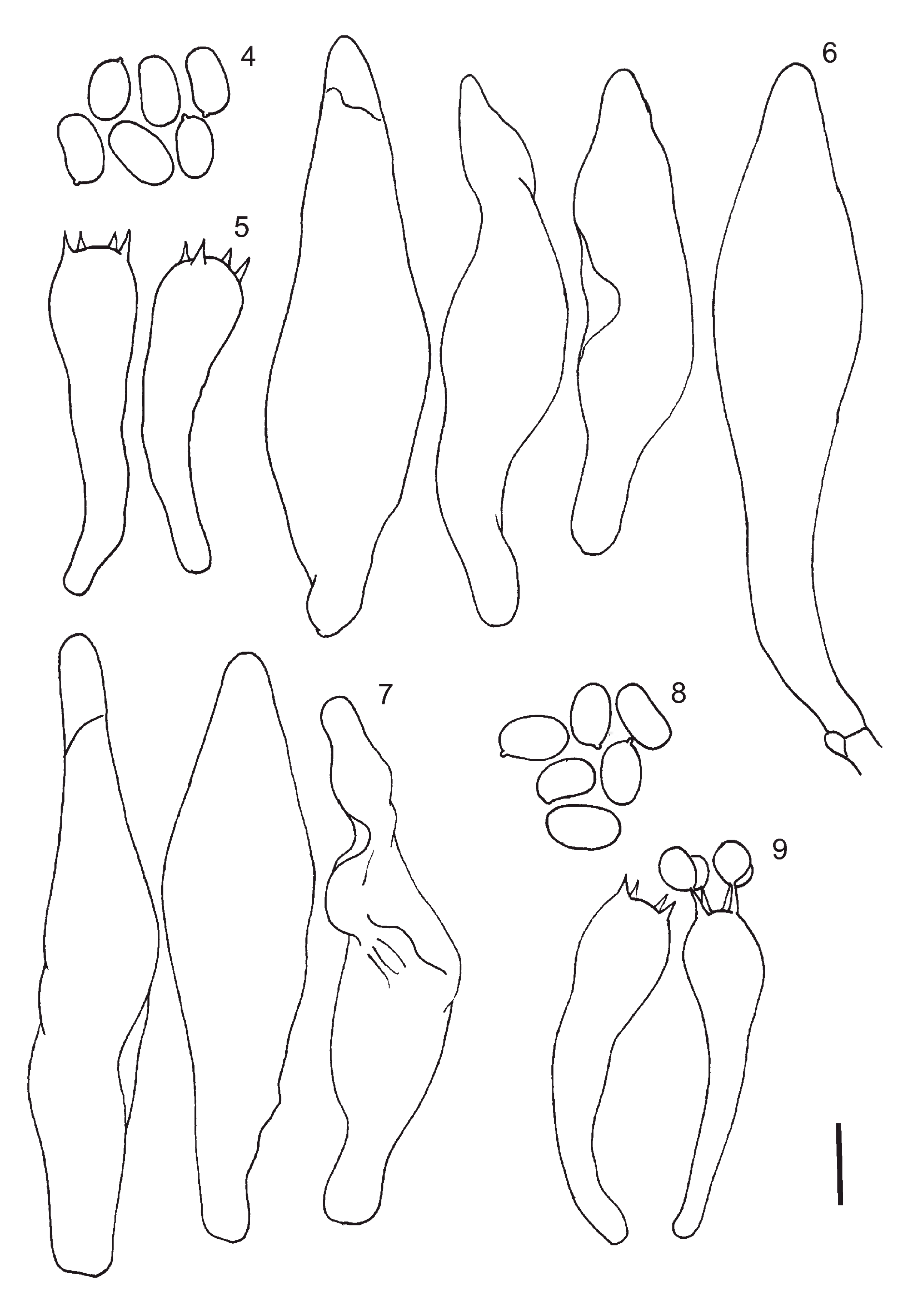
Píleo de 34 mm de ancho, cónico a umbonado, liso en el centro a densamente flocoso hacia el margen, superficie algo lubricosa, de color café amarillento, con el centro más obscuro a blanquecino hacia el margen, las fibrillas del margen son blanquecinas o de color amarillo paja. Contexto carnoso, blanquecino. Láminas ad-



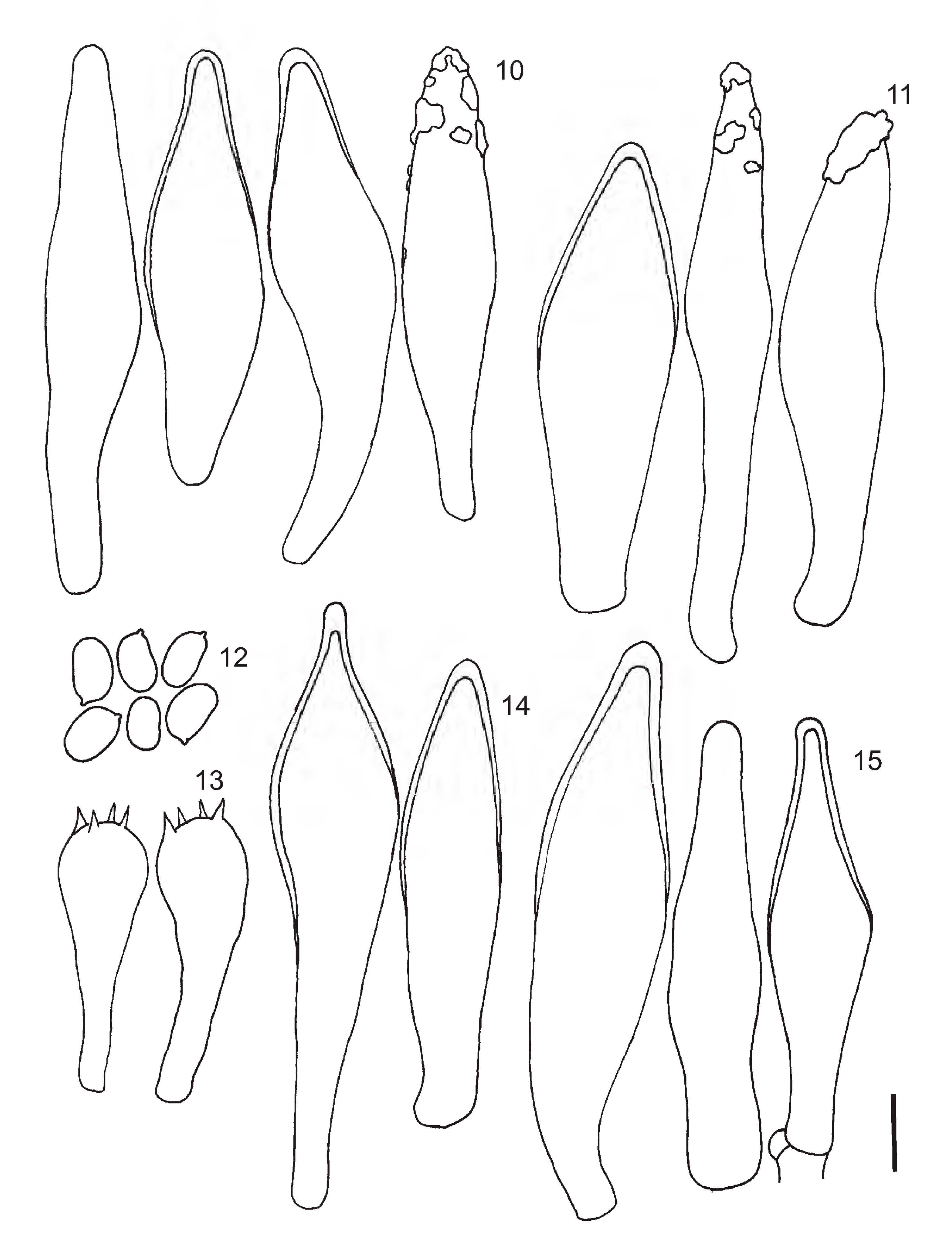
Figs. 1-3: *Squamanita umbonata*. 1: basidioma, nótense las escamas flocosas del borde del píleo y en el estípite; 2: pileipelis; 3: estipitipelis (1-3: Cortés-Pérez 154). Escala 1 = 2 cm; Escala 2-3 = 20 µm.

heridas, margen entero, blanquecinas. Estípite de 44 × 10 µm, fibriloso-carnoso, superficie blanquecina, flocosa-escuamulosa desde la base hasta tres terceras partes del estípite, escuamulas de color café-amarillento pálido. Cecidiocarpo de 42 × 23, napiforme, escamoso-flocoso arriba a más o menos liso hacia abajo, blanquecino.

Basidiosporas de (5.5-) 6-7 (-9) × (3.5-) 4-5 µm, elipsoides, algunas reniformes, de pared delgada (menos de 1 µm de grosor), hialinas, inamiloides, a veces rojizas pálidas con solución de Rojo Congo, no metacromáticas con azul de cresil. Basidios de (24-)(27-) 31-42 × 8-10 µm, tetraspóricos, subclaviformes, hialinos. Pleurocistidios de (45-)(50-) 55-68 (-73)(-78)(-89) × (9-) 10-18 (-22) µm, fusiformes a fusiforme-ventricosos, de pared delgada, algunos la presentan gruesa hacia el ápice, hialinos, a veces con incrustaciones en el ápice. Queilocistidios de (44-)(52-) 55-78 (-80)(-85) × 9-18 (-20)(-23) µm, similares a los pleurocistidios. Trama himenial regular, con hifas de 2-18 µm de ancho, hialinas, a veces con incrustaciones de color amarillo pálido. Hifas oleíferas presentes. Subhimenio ramoso con hifas subglobosas, hialinas. Trama contextual ra-



Figs. 4-9: *Squamanita umbonata.* 4: basidiosporas; 5: basidios; 6: pleurocistidios; 7: queilocistidios; 8: basidiosporas; 9: basidios (4-7: holotipo; 8-9: Cortés-Pérez 154). Escala = 10 µm.



Figs. 10-15: *Squamanita umbonata.* 10: pleurocistidios; 11: queilocistidios; 12: basidiosporas; 13: basidios; 14: pleurocistidios; 15: queilocistidios (10-11: Cortés-Pérez 154; 12-15: Bas 3808). Escala = 10 µm.

dial, hifas de 3-25 (-32) µm de ancho, de pared delgada o de 1 µm de grosor, hialinas con incrustaciones amarillas. Pileipelis como un cutis, con hifas dispuestas radialmente, no diferenciadas de la trama contextual, de 3-18 µm de ancho, hialinas, con incrustaciones amarillas. Estipitipelis con hifas postradas, de (2-) 3-21 µm de ancho, de pared delgada, hialinas, con incrustaciones amarillas. Fíbulas presentes.

Material estudiado: E.U.A., Pennsylvania, Fayette Co., Ohiopyle, agosto 12, 1908, D.R. *Sumstine* (Holotipo, NY); Massachusetts, Mt. Toby Forest, agosto 25, 1963, C. *Bas 3808* (NY); MÉXICO, Veracruz, Mpio. de Huayacocotla, lado este de Huayacocotla, septiembre 13, 2009, *A. Cortés-Pérez 154* (XAL).

El material mexicano concuerda bien en sus características taxonómicas con el holotipo y con la colecta de Bas de Massachusetts. Sumstine (1914) definió esta especie por el píleo umbonado, con escamas, con estípite largo y bulboso y volva fimbriada. Más tarde, Murrill en 1914 (según Bas, 1965) consideró el hongo de Sumstine en el género *Armillaria*. Bas (1965) transfirió la especie a *Squamanita* por la presencia de un cecidiocarpo, el píleo umbonado y el estípite irregularmente escamoso-fibriloso. La separó de *S. schreieri* Imbach de Europa, por la ausencia de cistidios. Wang y Yang (2004) citaron cistidios de pared ligeramente gruesa o gruesa. Un taxon muy cercano es *S. citricolor* Thoen que habita en África central, el cual se diferencia por presentar píleo y estípite glabro, así como cistidios de pared gruesa (Bas y Thoen, 1998). El resto de las especies conocidas en el género no tienen cistidios (Bas, 1965). Referente al micoparasitismo en el cecidiocarpo, Redhead et al. (1994) registraron a de *Squamanita* sobre hospedantes tales como *Amanita, Cystoderma, Galerina, Kuehneromyces* y *Phaeolepiota*. Posteriormente Mondiet et al. (2007) hicieron ver que *Squamanita odorata* (Cool) Bas parasita a *Hebeloma mesophaeum* (Pers.) Quél.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Juan Lara Carmona y Manuel Hernández por su colaboración en el herbario y en actividades de cómputo, respectivamente. Se dan gracias también al curador del herbario NY por el préstamo enviado.

LITERATURA CITADA

Bas, C. 1965. The genus *Squamanita*. Persoonia 3: 331-359.

Bas, C. y T. Laessoe. 1999. *Squamanita granulifera* sp. nov. A first record of *Squamanita* (Agaricales) from South America. Kew Bull. 54: 811-815.

Bas, C. y D. Thoen. 1998. *Squamanita citricolor*, a new species from central Africa. Persoonia 17: 135-139.

Harmaja, H. 1988. Studies on the agaric genera *Singerocybe* n. gen. and *Squamanita*. Karstenia 27: 71-75.

Kirk, P. M., P. F. Cannon, D. W. Minter y J. A. Stalpers. 2008. Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi. 10a. ed. CABI. Wallingford, UK. 771 pp.

Matheny, P. B. y G. W. Griffith. 2010. Mycoparasitism between *Squamanita paradoxa* and *Cystoderma amianthinum* (Cystodermateae, Agaricales). Mycoscience 51: 456-461.

Mondiet, N., M. P. Dubois y M. A. Selosse. 2007. The enigmatic *Squamanita odorata* (Agaricales, Basidiomycota) is parasitic on *Hebeloma mesophaeum*. Mycol.Res. 111: 599-602.

Redhead, S. A., J. F. Ammirati, G. R. Walker, L. L. Norvell y M. B. Puccio. 1994. *Squamanita contortipes*, the Rosetta Stone of a mycoparasitic agaric genus. Can. J. Bot. 72: 1812-1824.

Smith, A. H. y R. Singer. 1948. Notes on the genus *Cystoderma*. Mycologia 40: 454-460.

Sumstine, D. R. 1914. New or interesting fungi. Mycologia 6: 32-36.

Wang, H. Ch. y Z. L. Yang. 2004. *Squamanita,* a new record to China. Mycosystema 23(1): 146-148.

Recibido en noviembre de 2013.

Aceptado en mayo de 2014.



NORMAS EDITORIALES E INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

Acta Botanica Mexicana es una publicación del Instituto de Ecología, A.C. que aparece cuatro veces al año. Da a conocer trabajos originales e inéditos sobre temas botánicos y en particular los relacionados con plantas mexicanas. Todo artículo que se presente para su publicación deberá dirigirse al Comité Editorial de *Acta Botanica Mexicana*, en el entendido de que todos los autores están de acuerdo en su publicación; las contribuciones deberán ser originales e inéditas y no haber sido publicadas ni enviadas simultáneamente a otra revista para su publicación. Los artículos serán evaluados por pares, en principio los árbitros mantendrán su anonimato. Toda contribución deberá ajustarse a las siguientes normas e instrucciones.

NORMAS

Principalmente se publicarán artículos escritos en español, aceptándose cierta proporción de trabajos redactados en inglés, francés o portugués. Todo trabajo recibido por el Comité Editorial merecerá un inmediato acuse de recibo.

El Comité Editorial considerará, en primera instancia, la presentación y el estilo del artículo. Posteriormente será sometido a un sistema de arbitraje por pares. En el referéndum participarán dos científicos especialistas en el tema, cuyas opiniones serán consideradas para la aceptación del trabajo. En caso de divergencia entre los árbitros, el artículo y las opiniones serán presentadas a un tercer revisor. Cuando el trabajo haya sido aceptado, el manuscrito con los dictámenes de los revisores se enviará a los autores para realizar las modificaciones pertinentes. Si la versión corregida no fuera devuelta en los seis meses posteriores a la recepción de la revisión se considerará que el trabajo ha sido retirado para su publicación. La decisión final sobre la aceptación de un trabajo corresponderá al propio Comité Editorial, tomando en cuenta las opiniones de los revisores.

El orden de publicación atenderá a las fechas de recepción y aceptación del trabajo. La fecha de recepción corresponde a la versión que cumple con los requerimientos de presentación y estilo solicitados por la revista. Cuando el trabajo sea aceptado para su publicación, el autor principal será notificado por escrito del número de revista en el que aparecerá y los costos derivados del derecho de página y compra de sobretiros.

No se aceptarán trabajos que, pudiendo integrarse como unidad, sean presentados por separado en forma de pequeñas contribuciones o notas numeradas. Asimismo, no serán aceptadas contribuciones preliminares o inconclusas, que sean factibles de terminar a mediano o corto plazos. Todo trabajo rechazado para su publicación no será aceptado con posterioridad.

INSTRUCCIONES

Enviar el escrito, incluyendo las imágenes y cuadros, en versión electrónica (en formato Word o RTF). La versión impresa puede ser enviada, pero no es indispensable. Las imágenes (ilustraciones en dibujo de línea, fotografías, gráficas y mapas), además deberán enviarse como archivos separados del documento de texto; en su presentación considere el formato de la revista. Los originales eventualmente pueden ser requeridos en cualquier etapa del proceso editorial.

El texto deberá ir a doble espacio, con letra de 12 puntos, en tamaño carta (21.5 x 28 cm), con márgenes de 3 cm, numeradas consecutivamente desde los resúmenes hasta la literatura citada. La carátula incluirá el título en español y en inglés, el nombre completo del autor o autores, créditos institucionales, dirección postal y electrónica. Favor de especificar el autor de contacto. Las leyendas

de las ilustraciones se concentrarán todas en secuencia numérica en una (o varias) hojas por separado. La ubicación aproximada de cada figura deberá señalarse en el texto, anotando el número de figura en el margen izquierdo.

El texto debe incluir un resumen en el idioma en el que está escrito y/o en español, con una extensión proporcional a la del trabajo. Si el artículo está escrito en inglés, francés o portugués, se recomienda un amplio resumen en español.

Los dibujos de línea y las fotografías deberán tener resoluciones mínimas de 600 y 300 dpi respectivamente y guardarse con la extensión .tiff. Las gráficas y mapas generados en programas de análisis estadístico o sistemas de información geográfica, deberán entregarse en los formatos eps o pdf; si se incluyen gráficas en Excel, deberán también presentarse en el mismo formato de este programa. La publicación de imágenes en color implica un costo adicional; se recomienda agruparlas en láminas, evitando su presentación en forma aislada.

Para consignar las referencias bibliográficas en el texto se empleará el estilo Harvard. En el apartado de Literatura Citada las citas se presentarán en orden alfabético, según las primeras letras del apellido del primer autor. Todas las referencias en el texto deberán aparecer en esta sección y viceversa.

Cada componente de una cita, según se trate de un artículo, libro, tesis, etc., se separará con un punto. El orden de dichos componentes es en el caso de artículos: autor(es), año de publicación, título del artículo, nombre abreviado de la revista, volumen y páginas (separando volumen de página con dos puntos); en el de libros: autor(es), año, título, nombre del editor (si existe), número de la edición (si no es la primera), nombre y ubicación de la editorial (Ed.) o de la Institución donde se imprimió la obra y paginación total o específica si sólo se consultó parte de la obra. Para las referencias electrónicas se sigue el patrón básico de un libro, incluyendo la dirección en internet y la fecha de consulta.

Todo trabajo de tipo taxonómico deberá ajustarse a la última edición del Código Internacional de Nomenclatura Botánica.

La contribución deberá estar redactada y escrita correctamente y sin errores. Se sugiere que el borrador del artículo se someta a la lectura de por lo menos dos personas con experiencia en la redacción de trabajos similares. Para cualquier duda referente a la presentación de los escritos consulte la página de la revista: http://www1.inecol.edu.mx/abm

COSTOS DE PUBLICACIÓN Y SOBRETIROS

El Instituto de Ecología no pretende lucrar con la publicación de *Acta Botanica Mexicana*; a través de la solicitud de una contribución institucional para el financiamiento de cada publicación, sólo trata de recuperar una parte de los gastos derivados de dicha actividad.

La cuota por concepto de derecho de página es de $20.00 para México y $ 16.00 u.s.d. para el extranjero, quedando sujeta a cambios posteriores acordes con el aumento de los costos de impresión y relativos. El monto de la contribución se indicará junto con la aceptación definitiva del trabajo, de manera que el autor disponga de tiempo para tramitar esta ayuda.

Se obsequiarán a los autores 25 sobretiros por artículo. Si se desean sobretiros adicionales éstos se cobrarán al costo de impresión de los mismos. Al devolver a los editores las pruebas de plana corregidas, cada autor deberá incluir el importe determinado para la publicación de su trabajo y de los sobretiros extras solicitados.

Enviar correspondencia a: *Acta Botanica Mexicana*. Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío, Apartado postal 386, Ave. Lázaro Cárdenas 253, C.P. 61600 Pátzcuaro, Michoacán.
correo electrónico: rosamaria.murillo@inecol.mx

Toda correspondencia referente a suscripción, adquisición de números o canje, debe dirigirse a:

Acta Botanica Mexicana

Instituto de Ecología, A. C.

Centro Regional del Bajío

Apartado postal 386

61600 Pátzcuaro, Michoacán, México

rosamaria.murillo@inecol.mx

Suscripción anual: México $300.00 Extranjero $30.00 U.S.D.

Acta Botanica Mexicana, Núm. 108, julio 2014. Publicación trimestral editada por el Instituto de Ecología, A.C., a través del Centro Regional del Bajío. Editor responsable: Jerzy Rzedowski Rotter. Composición tipográfica: Damián Piña Bedolla. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2004-0719192751000-102, ISSN 0187-7151, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Certificado de Licitud de título No. 13454, Certificado de Licitud de Contenido No. 11027, otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Domicilio de la publicación: Ave. Lázaro Cárdenas 253, C.P. 61600 Pátzcuaro, Michoacán, México. Tel. (434) 3 42 26 98. Impresa por Imprenta Tavera Hermanos, S.A. de C.V., Ave. Lázaro Cárdenas 3052, Col. Chapultepec Sur, C.P. 58260 Morelia, Michoacán, México. Distribuidor: Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío, Ave. Lázaro Cárdenas 253, C.P. 61600 Pátzcuaro, Michoacán, México. Este número se terminó de imprimir el 1 de julio de 2014 con un tiraje de 500 ejemplares. www1.inecol.edu.mx/abm



Acta Botanica Mexicana, Núm. 108 (2014)

CONTENIDO

1 *Recchia sessiliflora* (Surianaceae Arn.), una especie nueva de la Cuenca del Balsas en el estado de Guerrero, México
Recchia sessiliflora (Surianaceae Arn.), a new species from the Balsas Depression in the state of Guerrero, Mexico
A. González-Murillo, R. Cruz-Durán y J. Jiménez-Ramírez

11 Las plantas vasculares y vegetación de la barranca Tepecapa en el municipio de Tlayacapan, Morelos, México
Vascular plants and vegetation of the Tepecapa gully in the municipality of Tlayacapan, Morelos, Mexico
R. A. Hernández-Cárdenas, R. Cerros-Tlatilpa y A. Flores-Morales

39 *Hoffmannia rzedowskiana* (Rubiaceae), una nueva especie del sur de México y Nicaragua
Hoffmannia rzedowskiana (Rubiaceae), a new species of southern Mexico and Nicaragua
G. Castillo-Campos, A. P. Bautista Bello, D. H. Lorence

51 Consideraciones taxonómicas de *Yucca queretaroensis* Piña (Agavaceae), una especie endémica del Semidesierto Queretano-Hidalguense
Taxonomical considerations of *Yucca queretaroensis* Piña (Agavaceae), endemic species from the semiarid zone of Queretaro and Hidalgo
F. Magallán-Hernández, B. Maruri-Aguilar, E. Sánchez-Martínez, L. Hernández-Sandoval, J. Luna-Zúñiga y M. Robledo-Mejía

67 Distribución actual y potencial de las cactáceas *Ferocactus histrix*, *Mammillaria bombycina* y *M. perezdelarosae* en el estado de Aguascalientes, México
Present and potential distribution of the cacti *Ferocactus histrix*, *Mammillaria bombycina* and *M. perezdelarosae* in the state of Aguascalientes, Mexico
E. Meza-Rangel, F. Tafoya-Rangel, R. Lindig-Cisneros, J. J. Sigala-Rodríguez y E. Pérez-Molphe-Balch

81 La biocuración en biodiversidad: proceso, aciertos, errores, soluciones y perspectivas
Biocuration and biodiversity: process, successes, failures, solutions and perspectives
M. Castillo, L. Michán y A. L. Martínez

105 *Squamanita umbonata* (Fungi, Agaricales, Tricholomataceae), primer registro en México
Squamanita umbonata (Fungi, Agaricales, Tricholomataceae), first record from Mexico
A. Cortés-Pérez, G. Guzmán y F. Ramírez-Guillén